



**UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA**



Variáveis Respiratórias e Metabólicas no Surf

Diferenças entre Surfistas de Elite e Surfistas Recreativos

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Mestre em Treino de Alto
Rendimento

Orientador: Professor Doutor Francisco Alves

Júri:

Presidente:

Professor Doutor Francisco José Bessone Ferreira Alves

Vogais:

Professor Doutor Miguel António de Almeida Garcia Moreira

Professora Doutora Joana Filipa Jesus Reis

Nuno Ricardo da Conceição Almeida

Julho de 2014

Agradecimentos

Gostava de dedicar esta dissertação à memória do meu Pai cujo exemplo de rigor e incentivo à excelência foi batuta do meu percurso pessoal, académico e profissional.

Gostaria de agradecer:

Ao Professor Francisco Alves não só por confiar, apoiar e sempre incentivar esta “pequena loucura” mas também pelo apoio científico e prático durante este trabalho.

À Joana Reis que foi uma peça fundamental, não só pela amizade incondicional mas também pelo rigor e excelência científica nas recolhas e análise de dados.

Ao Francisco Tavares e ao Diogo Martins pelo constante desafio intelectual mas também pela amizade e incentivo.

Ao resto do grupo NERD pela amizade, apoio e partilha.

À minha mãe por tudo o que fez, faz e sempre fará para me apoiar incondicionalmente.

Aos atletas que se disponibilizaram a realizar os testes apesar dos seus horários e compromissos profissionais.

Ao Professor Miguel Moreira pelo incentivo e estímulo mas também pelos contactos.

Ao Dr. João Beckert pelo apoio nas recolhas e disponibilidade para ajudar e explicar.

Aos meus amigos João Matos, James Rogado e Hugo Rezende pela ajuda preciosa com os pré-testes.

À Rita...

Abstract

Surfboard riding at elite level has been shown to depend on aerobic performance capacity. Onset of blood lactate accumulation (OBLA) and Peak aerobic power (W_{peak}) were reported to discriminate between surfers of different competitive levels. The purpose of this study was to verify if competitive performance status was associated to different levels of specific aerobic fitness in Portuguese surfboard riders.

Twelve male surfers were assigned to two groups, one comprising 6 recreational surfers (RS: mean age: 32.3 ± 3.1 yr; mass: 73.2 ± 7.8 kg; height: 175.2 ± 4.9 cm) and the other composed by 6 elite competitive international level surfers (ES: mean age: 25 ± 8.4 yr; mass: 68.5 ± 3.8 kg; height: 173.7 ± 4.7 cm). All subjects performed a maximal continuous incremental paddling test consisting of two-minute steps starting at 20W, with increments of 10 W, on a VASA trainer ergometer, for determination of $VO_{2\ peak}$, and maximal aerobic power (MAP). Ventilatory threshold (VT) and respiratory compensation point (RCP) with corresponding heart rate and power output were estimated. Respiratory data were collected breath by breath (Metamax 3B, Cortex, Biophysik, Leipzig, Germany).

$VO_{2\ peak}$ showed significant differences between ES (43.6 ± 7.9 ml.kg⁻¹.min⁻¹) and RS (31.1 ± 7.4 ml.kg⁻¹.min⁻¹) but there were no differences between RS and ES for MAP (ES: 76.6 ± 18.6 W; RS: 76.6 ± 16.6 W) nor for the power output at which VT (ES: 50.3 ± 12.8 W; RS: 46.3 ± 8.9 W) and RCP (ES: 79.7 ± 14.3 W; RS: 75.4 ± 11.4 W) occurred. VO_2 at VT was higher ($p < 0.05$) in ES group (22.5 ± 5.8 ml.kg⁻¹.min⁻¹) than in the RS group (16 ± 3.7 ml.kg⁻¹.min⁻¹). The same tendency could be seen regarding oxygen consumption at RCP (ES: 33.8 ± 10.3 ml.kg⁻¹.min⁻¹; RS: 23.6 ± 6.3 ml.kg⁻¹.min⁻¹). However, these parameters occurred at a similar % $VO_{2\ peak}$, 51, 5 and 51, 3 % for VT, and 77, 5 and 77, 9 for RCP.

These findings suggest that ES developed physiological adaptations. ES have higher values of $VO_{2\ max}$ than RS which suggests a higher aerobic adaptation that may be related to the different amount of exercise volume undertaken.

Further studies should be conducted in more ecological situation, preferentially involving actual water board paddling.

Keywords: Surfing, Ventilatory Thresholds, Maximum Aerobic Power, Peak Oxygen Uptake, Paddling

Resumo

O desempenho no surf de competição é influenciado pela condição física dos atletas, nomeadamente, das adaptações aeróbias adquiridas através do treino. O objectivo deste estudo é verificar se os indicadores de Resistência Aeróbia diferenciam surfistas portugueses de diferente nível de prática.

Doze surfistas portugueses foram distribuídos em dois grupos: um composto por seis surfistas recreativos (SR: idade: 32.3 ± 3.1 anos; peso: 73.2 ± 7.8 kg; altura: 175.2 ± 4.9 cm) e o outro por seis atletas de elite nacionais (SE: idade: 25 ± 8.4 anos; peso: 68.5 ± 3.8 kg; altura: 173.7 ± 4 cm). Todos os sujeitos fizeram um teste máximo contínuo e progressivo de remada com patamares de dois minutos, começando nos 20W, e com incrementos de 10W. Os testes foram executados num ergómetro VASA *trainer* para a determinação do $\text{VO}_{2\text{max}}$ e da potência aeróbia máxima (PAM). Os valores de limiar ventilatório (LV1) e do ponto de compensação respiratório (LV2) e as correspondentes frequência cardíaca (FC) e potência foram estimados. Os dados respiratórios foram obtidos *breath-by-breath* (Metamax 3B, Cortex, Biophysik, Leipzig, Germany).

Foram encontradas diferenças significativas para o $\text{VO}_{2\text{max}}$ entre os SE (43.6 ± 7.9 ml.kg⁻¹.min⁻¹) e os SR (31.1 ± 7.4 ml.kg⁻¹.min⁻¹), porém o mesmo não se verificou ao nível da PAM (SE: 76.6 ± 18.6 W; SR: 76.6 ± 16.6 W) nem das potências a que ocorreram o LV1 (SE: 50.3 ± 12.8 W; SR: 46.3 ± 8.9 W) e o LV2 (SE: 79.7 ± 14.3 W; SR: 75.4 ± 11.4 W). O VO_2 foi superior ($p < 0.05$) nos SE (22.5 ± 5.89 ml.kg⁻¹.min⁻¹) do que nos SR (16 ± 3.7 ml.kg⁻¹.min⁻¹) para o LV1. A mesma tendência se verificou no LV2 (SE: 33.83 ± 10.38 ml.kg⁻¹.min⁻¹; SR: 23.6 ± 6.3 ml.kg⁻¹.min⁻¹) apesar das diferenças não serem significativas. No entanto estes parâmetros ocorreram a uma % $\text{VO}_{2\text{max}}$ similar, 51,5% e 51,3 % para o LV1, e 77,5% e 77,9 % para o LV2.

Estes resultados sugerem que os SE desenvolveram adaptações fisiológicas específicas já que apresentam valores superiores de $\text{VO}_{2\text{max}}$, o que pode estar relacionado com um maior volume de treino.

De maneira a permitir uma abordagem mais ecológica seria necessário realizar testes dentro de água em situação de remada real.

Palavras-chave: Surf, Limiares Ventilatórios, Consumo Máximo de Oxigénio, Potência Aeróbia Máxima, Remada

Índice Geral

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do estudo	1
1.2	Objectivos e hipóteses do estudo	2
1.3	Pressupostos e Limitações	3
2	Revisão da Literatura	5
2.1	Introdução	5
2.2	Análise da Actividade	7
2.3	Indicadores Fisiológicos no Surf	10
2.3.1	Consumo Máximo de Oxigénio e Potência Aeróbia Máxima e a Tarefa específica da remada no Surf	10
2.3.1.1	Diferenças entre surfistas de competição e surfistas recreativos	13
2.3.2	O Limiar Láctico e a tarefa específica da remada no Surf	14
2.3.2.1	Limiar Anaeróbio	15
2.3.2.2	Limiares Ventilatórios	19
2.3.2.2.1	Respiração Pulmonar vs Respiração Celular	19
2.3.3	Espectroscopia Quasi-Infravermelhos	21
2.3.3.1	Introdução	21
2.3.4	Características Físicas dos Surfistas	23
2.3.4.1	Idade	23
2.3.4.2	Altura	24
2.3.4.3	Peso	24
3	Metodologia	27
3.1	Caracterização da amostra	27
3.1.1	Idade, Peso, Altura e Frequência de Prática	27
3.2	Apresentação Geral do Desenho experimental	28

3.3	Aplicação do Protocolo.....	29
3.4	Instrumentos.....	30
3.4.1	Ergometria	30
3.4.2	Análise de Gases Respiratórios	30
3.4.3	Análise da Frequência Cardíaca	31
3.4.4	Análise NIRS.....	31
3.4.5	Análise Antropométrica.....	32
3.4.6	Análise Estatística e Tratamento dos Dados.....	33
4	Apresentação dos Resultados	35
4.1	Indicadores Fisiológicos	35
4.1.1	Consumo Máximo de Oxigênio.....	35
4.1.2	Potência	38
4.1.2.1	Potência Aeróbia Máxima e Potência do 2º Limiar Ventilatório e Potência do 1º Limiar Ventilatório	38
4.1.3	2º Limiar Ventilatório.....	39
4.1.4	1º Limiar Ventilatório.....	40
5	Discussão dos Resultados.....	43
5.1	Estudo Exploratório utilizando NIRS (exemplo ilustrativo)	46
6	Conclusões.....	51
7	Bibliografia.....	53

Índice de Figuras

Figura 1 - Diagrama esquemático dos aspectos fisiológicos relevantes para a prática do Surf (adaptado de Mendez-Villanueva, 2005).....	7
Figura 2 - Colocação da sonda NIRS sobre o gêmeo esquerdo (foto ilustrativa)	32
Figura 3 - Comparação entre SE e SR dos valores de VO_{2max} durante o teste progressivo. ***Diferenças significativas entre os dois grupos.....	35
Figura 4 - Relação entre o Consumo de O_2 e a Potência de cada patamar entre Surfistas de Elite (SE) e Surfistas Recreativos (SR). Os valores apresentados são médias e desvios-padrão dos grupos e foram determinados nos patamares do teste progressivo. 37	
Figura 5 – Exemplo representativo do teste progressivo VCO_2 e VO_2 vs. tempo (em segundos). Os resultados foram suavizados através de <i>moving average</i> de 10 segundos.	38
Figura 6 - Comparação entre SE e SR dos valores de consumo de O_2 à intensidade do LV2 durante o teste progressivo.....	39
Figura 7 - Comparação entre SE e SR dos valores de consumo de O_2 à intensidade do LV1 durante o teste progressivo. *** Diferenças significativas entre SE e SR.....	40
Figura 8 - Valores de NIRS para a O_2Hb e HHb do trapézio em função do tempo de um sujeito representativo. A linha a cheio representa o LV1, a linha pontuada representa o LV2 e a linha tracejada representa o VO_{2max}	47
Figura 9 - Valores de NIRS para a O_2Hb e HHb do gêmeo em função do tempo de um sujeito representativo. A linha a cheio representa o LV1, a linha pontuada representa o LV2 e a linha tracejada representa o VO_{2max}	48
Figura 10 - Valores de NIRS para a ΔHHb e $TOI(\%)$ do trapézio em função do tempo de um sujeito representativo. A linha a cheio representa o LV1, a linha pontuada representa o LV2 e a linha tracejada representa o VO_{2max}	49

Figura 11 - Valores de NIRS para a ΔO_2Hb e $TOI(\%)$ do trapézio em função do tempo de um sujeito representativo. A linha a cheio representa o LV1, a linha pontuada representa o LV2 e a linha tracejada representa o VO_{2max} 49

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Percentagem de cada acção no Surf em dois estudos.....	9
Tabela 2 - Valores absolutos e relativos de VO_{2max} em surfistas utilizando o membro superior	13
Tabela 3 - Valores de VO_{2max} utilizando o membro superior comparados entre surfistas competidores e surfistas recreativos	14
Tabela 4 – Características físicas de surfistas e outros atletas (idade, altura e peso)	26
Tabela 5 - Características Físicas dos atletas da amostra entre SR e SE (média±dp)	27
Tabela 6 - Valores referentes ao VO_2 e Frequência Cardíaca por patamar do teste progressivo entre Surfistas de Elite e Surfistas Recreativos (média±dp).Nota:* os valores que estão apresentados referem-se apenas a dois atletas já que por erro o cardiofrequencímetro não fez a recolha.....	36
Tabela 7 – Apresentação dos dados de Potência e consumo de O_2 dos SE e SR.*Diferenças significativas entre SE e SR	41

Lista de Abreviaturas

ADP	Adenosina Difosfato
ASP	Association of Surfing Professionals
ATP	Adenosina Trifosfato
CO ₂	Dióxido de Carbono
CP	Creatina Fosfato
H ⁺	Íão de Hidrogénio
HHb	Deoxihemoglobina
LL	Limiar Láctico
LV1 ou VT	1º Limiar Ventilatório ou Ventilatory Threshold
LV2 ou RCP	2º Limiar Ventilatório ou Respiratory Compensation Point
NIRS	Near Infrared Spectroscopy
O ₂	Oxigénio
O ₂ Hb	Oxihemoglobina
OBLA	Onset of blood lactate accumulation
PAM	Potência Aeróbia Máxima
Pi	Fosfato
SE	Surfistas de Elite
SR	Surfistas Recreativos
tHb	Total de Hemoglobina

VCO_2	Consumo de Dióxido de Carbono
VO_2	Consumo de Oxigénio
$\text{VO}_{2\text{max}}$	Consumo Máximo de Oxigénio
ΔHHb	Variação da Hemoglobina Desoxigenada
$\Delta \text{O}_2\text{Hb}$	Variação da Hemoglobina Oxigenada

1 Introdução

1.1 Enquadramento do estudo

O Surf caracteriza-se quer na sua vertente lazer quer em competição por deslizar na água em cima de um objecto (prancha) e realizar manobras numa secção de uma onda que ainda não rebentou. Porém, o surf moderno caracteriza-se por serem usadas pranchas fabricadas em fibra de vidro com o atleta a executar manobras de elevado grau de dificuldade e de elevado comprometimento.

O nível de sucesso nesta actividade requer um domínio de habilidades extremamente técnicas e de qualidades físicas potenciadas. A popularidade deste desporto na actualidade resulta da exposição mediática crescente que o Surf tem tido ultimamente. Deste modo existe cada vez mais um conjunto de pessoas interessadas na prática do Surf.

No entanto, esta exposição do Surf causa muitas vezes um atitude descuidada por parte destes novos praticantes desconhecendo as reais exigências da modalidade. Estas são específicas de cada modalidade e no caso do Surf implicam factores tão díspares como a capacidade de executar movimentos em pé na prancha mas também de remar por períodos muitas vezes longos e em condições ambientais adversas. Esta habilidade de navegar no mar em determinado sítio depende muito das características do local e do nível de experiência do atleta.

No Surf de competição essas características têm vindo a ser estudadas (Loveless e Minahan, 2010; Mendez-Villanueva, et al., 2006; Mendez-Villanueva, et al., 2005) e pressupõe-se que as exigências de navegação e condição física estão através do treino, garantidas.

Assim parece-nos essencial a caracterização do atleta de elite ao nível das exigências metabólicas da actividade nomeadamente da resistência aeróbia do tronco e dos membros superiores.

Apesar de já existirem estudos que comparam atletas de diferentes níveis competitivos (Farley, et al., 2012; Loveless e Minahan, 2010; Mendez-Villanueva, et al., 2005) para o VO_{2max} e mesmo para o Limiar Láctico, nenhum outro estudo existe que compare e analise os parâmetros da ventilação em esforço no Surf e os relacione com o desempenho competitivo.

1.2 Objectivos e hipóteses do estudo

O objectivo deste estudo é, então, verificar quais os indicadores de desempenho aeróbio que diferenciam surfistas de nível de prática diferenciado, a partir da realização de uma prova ergométrica máxima.

Com base no objectivo do estudo foram definidas as seguintes hipóteses de pesquisa:

H1 – Os SE apresentam valores superiores de consumo máximo de Oxigénio do que os SR com a aplicação deste protocolo;

H2 – Os SE apresentam valores superiores PAM do que os SR com a aplicação deste protocolo;

H3 – Os SE apresentam valores superiores de VO_2 correspondente ao LV1

H4 – Os SE apresentam valores superiores de VO_2 correspondente ao LV2.

1.3 Pressupostos e Limitações

Este estudo apresenta neste contexto uma limitação de natureza ecológica visto que o exercício de remada no Surf é realizado dentro de água e, no nosso estudo é realizado num ergómetro de braços (VASA *trainer ergometer*). Porém, este método já tinha sido utilizado por outros autores. (Loveless e Minahan, 2010a; Loveless e Minahan, 2010b).

Por outro lado, o exercício que utilizámos pressupõe a utilização dos membros superiores alternadamente de modo a isolar as massas musculares envolvidas no entanto sabemos que nem sempre isso acontece na modalidade já que muitos atletas usam os pés na remada de aproximação à onda. Apesar de alguns autores já terem utilizado essa variante (Loveless e Minahan, 2010b) os testes destinavam-se à determinação da Potência Máxima e não à realização de um teste de Resistência Aeróbia. Assim, com este teste pretendemos analisar as alterações metabólicas através de um teste progressivo máximo com incidência na ventilação com o objectivo de determinar intensidades limite que condicionam comportamentos metabólicos diferenciados.

Neste sentido, é expectável que o $\text{VO}_{2\text{max}}$ avaliado para os membros superiores tenha valores inferiores aos obtidos quando o exercício é aplicado para os membros inferiores (Pendergast et al., 1979).

A investigação sobre as repercussões fisiológicas do Surf é crescente mas ainda diminuta, dado que ainda não é possível caracterizar com exactidão os parâmetros claros que estão na base do sucesso competitivo desta modalidade.

2 Revisão da Literatura

2.1 Introdução

Na modalidade de Surf o esforço caracteriza-se por picos de esforço de intensidade e duração variáveis, envolvendo diferentes partes corpo, e numerosos períodos de recuperação (Mendez-Villanueva e Bishop, 2005).

Os campeonatos de Surf são constituídos por rondas de eliminação (apesar de também haver rondas de repescagem dependendo da competição em questão). No formato normal de campeonato, os *heats* podem ir de 20 a 40 minutos com 2, 3 ou 4 atletas que executam manobras e são pontuados por um painel de juízes.

Segundo a definição da *Association of Surfing Professionals* (ASP) os surfistas devem realizar manobras na face da onda segundo o seguinte critério: “um surfista deve realizar manobras radicais com elevado grau de comprometimento na parte mais crítica da onda com velocidade, estilo e potência para maximizar o seu resultado. Movimentos inovadores e progressivos serão tidos em consideração na avaliação. Os atletas que forem capazes de realizar estas manobras com maior grau de dificuldade e controlo, nas melhores ondas terão os melhores resultados” (Association of Surfing Professionals, 2013). Os vencedores de cada ronda avançam para a ronda seguinte (excepto os casos de repescagem) até à ronda final.

Neste sentido, podemos afirmar que existe uma base aeróbia já que, durante uma percentagem relevante de tempo os surfistas encontram-se em trabalho predominantemente aeróbio (Farley, et al, 2012a; Farley, et al., 2012b; Mendez-Villanueva e Bishop, 2005). Os picos de esforço anaeróbio relacionam-se com o esforço de remada rápida para apanhar uma onda, porém a Frequência Cardíaca máxima (FC_{max}) encontrada em competição foi obtida após uma onda surfada (Farley, et al., 2012a), facto talvez explicável pela remada para apanhar as ondas não ser longa o suficiente para a adaptação cardiopulmonar.

Assim, no caso dos surfistas parece ser determinante que as capacidades técnicas específicas da modalidade sejam desenvolvidas ao máximo, o que implica um elevado número de horas de treino passadas na água (Mendez-Villanueva e Bishop, 2005). Do mesmo modo, a resistência aeróbia do tronco assume um papel importante pelas razões enumeradas, (Mendez-Villanueva e Bishop, 2005). Inúmeros factores determinantes da performance no surf não se inserem nesta revisão mas, é de referir que acreditamos que as exigências metabólicas da actividade nomeadamente a resistência aeróbia do tronco e dos membros superiores influenciam o desempenho pois permitem não só recuperar mais rápido, como tolerar gradualmente intensidades superiores de esforço.

Neste sentido, julgamos útil e cientificamente apropriado o diagrama apresentado por Mendez-Villanueva (2005) (Figura 1) onde estão descritos os aspectos fisiológicos determinantes desta modalidade. Assim e, de acordo com o autor os aspectos fisiológicos que influenciam a *performance* no Surf podem ser divididos em dois grupos os que se referem ao membro superior e os que se referem ao membro inferior. Visto que, o intuito deste trabalho se centrar na remada no Surf (membro superior) as variáveis propostas no âmbito da Resistência Aeróbia são (Mendez-Villanueva e Bishop, 2005):

1. Consumo Máximo de Oxigénio
2. Limiar Láctico

O nível de sucesso nesta actividade requer um domínio de habilidades extremamente técnicas e de qualidades físicas potenciadas. Assim, a performance em Surf engloba cinco capacidades fundamentais (Mendez-Villanueva e Bishop, 2005): fisiológicas, biomecânicas, cognitivas/metais, tácticas e psicológicas.

Todas as situações contextuais (climatéricas, tipo de ondas, tipo e direcção do vento, tipo de praia e fundo, etc.) são passíveis de influenciar todos os aspectos fisiológicos referidos.

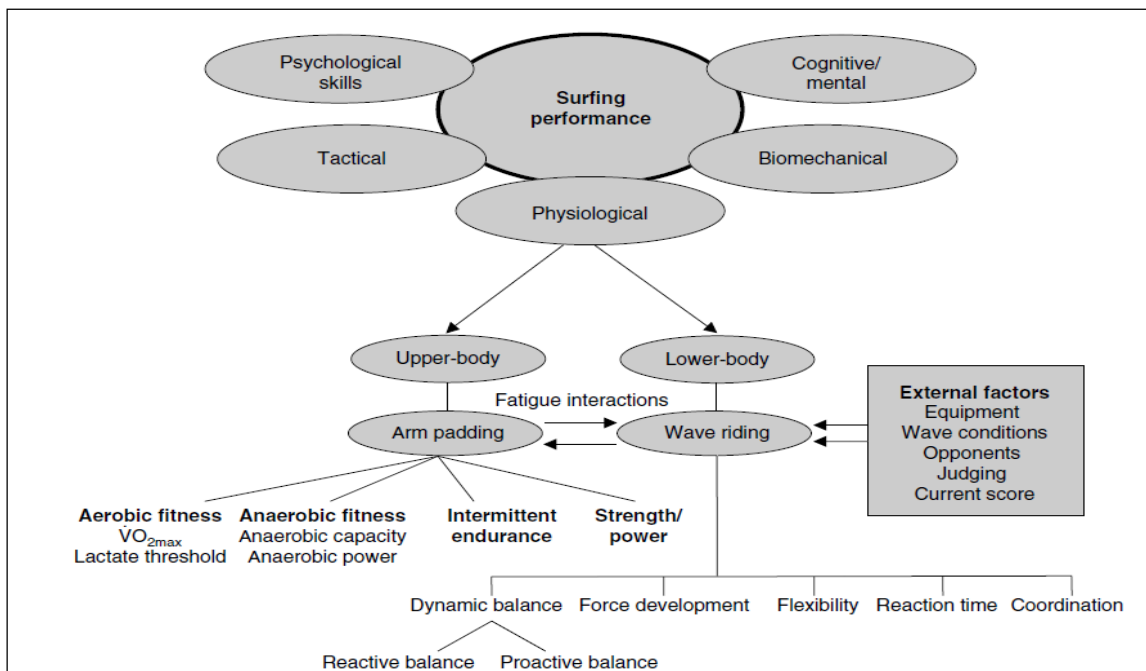


Figura 1 - Diagrama esquemático dos aspectos fisiológicos relevantes para a prática do Surf (adaptado de Mendez-Villanueva, 2005)

Porém, e segundo Mendez-Villanueva (2005) o Surf deve ser entendido como um desporto que requer uma condição física, mental e técnica excepcionais que permitam ao atleta lidar com as exigências da actividade e que, a condição física *per se* não pode compensar o desenvolvimento de todas estas condições.

2.2 Análise da Actividade

O Surf consiste em deslizar na parede de uma onda, numa prancha, em direcção à praia (Moreira, 2007). Segundo o mesmo autor, o Surf depende do contexto (mar e prancha) mas a sua expressão é ao nível da técnica (manobras) executada em cima da prancha e da onda. As manobras têm consigo associados aspectos cognitivos (interpretação e compreensão das manobras), aspectos mecânicos (forças, ângulos,

velocidades) que influenciam a sua execução e que dependem do peso e altura de cada surfista mas também aspectos ao nível da condição física (Moreira, 2007).

Todo o processo de realizar manobras numa onda passa por várias fases: primeiro é necessário remar até à zona atrás da rebentação de forma a estar posicionado para apanhar as melhores ondas (tentando assim obter a maior pontuação possível). No momento em que esta onda aparece, são necessárias várias remadas poderosas e rápidas de modo a apanhá-la. Depois disto é necessário levantar rapidamente e executar manobras de elevado grau de dificuldade técnica e comprometimento até à praia ou até a onda rebentar e não ser mais surfável (Mendez-Villanueva e Bishop, 2005). Portanto as exigências da actividade devem ser estudadas pela variedade das situações específicas que são essenciais a esta modalidade.

A literatura relativamente à caracterização deste desporto ainda é relativamente escassa, existindo apenas poucos estudos que abordam esta temática. A análise da actividade permite-nos perceber a diferente percentagem que as diversas actividades têm na performance no Surf.

Meir et al. (1991) analisaram uma hora de prática informal e os dados obtidos estão descritos na Tabela 1. Destes dados podemos concluir que a maior parte do tempo de prática é passada a remar na posição ventral (44%). seguida pela manutenção da posição parado (estacionário: a esperar por ondas). Depois a categoria denominada Vários que se caracteriza por outras actividades tais como passar por baixo da espuma de modo a ultrapassar a rebentação e, só em último vem a parte de realmente deslizar e executar manobras na onda (5%).

Num outro estudo de Mendez-Villanueva (2003) referido em Mendez-Villanueva (2005) realizado em competição, os autores analisaram 42 *heats* de 25 minutos de duração. Os resultados foram semelhantes aos do estudo referido anteriormente já que a maior percentagem do tempo foi passada em remada seguida do estado de parado. A diferença foi apenas na percentagem de tempo passada a surfar a onda que neste estudo foi superior do que a percentagem passada noutras actividades (Tabela 1).

Tabela 1 - Percentagem de cada acção no Surf em dois estudos

	Meir et al., 1991)	Mendez-Villanueva e Bishop, 2005
Remar	44%	51%
Estacionário	35%	42%
Onda	5%	3.8%
Vários	16%	2.5%

Em suma, as diferenças encontradas entre a prática recreativa e a prática competitiva são pequenas e podem ser sinónimo das exigências específicas do Surf, e reveladoras das variações que acontecem fruto dos factores ambientais que podem influenciar a prática. Os surfistas passam entre 45% e 50% do tempo a remar e 35% a 40% do tempo parados. O resto do tempo é passado ou a surfar as ondas ou noutras actividades (recuperar a prancha depois de cair ou passar por baixo da espuma). Adicionalmente durante a competição as decisões tácticas (pontuação dos adversários e selecção de ondas, etc.) podem obviamente influenciar os padrões de actividade dos atletas (Mendez-Villanueva e Bishop, 2005).

Neste sentido, a revisão da literatura irá incidir nos parâmetros fisiológicos importantes para o surf e já estudados e que serão objectivo deste trabalho (Potência Aeróbia e Limiar Láctico), acompanhados da respectiva fundamentação teórica subjacente, bem como, da explicitação dos parâmetros ainda não estudados e que se também serão objectivo deste trabalho.

2.3 Indicadores Fisiológicos no Surf

2.3.1 Consumo Máximo de Oxigénio e Potência Aeróbia Máxima e a Tarefa específica da remada no Surf

A semelhança de padrão geral do movimento entre a remada no Surf e o nado de Crol não está evidenciada segundo parâmetros biomecânicos nem fisiológicos porém, será o tipo de movimento estudado na literatura mais próximo do movimento aqui referido. Por essa razão, segundo Magel e Faulkner (1967) quanto menor o nível de treino específico do atleta menor será o VO_{2max} atingido.

O consumo máximo de Oxigénio (VO_{2max}) equivale à quantidade máxima de oxigénio que um organismo pode ser estimulado a extrair da atmosfera, transportar para os tecidos e utilizar na produção de trabalho mecânico (Gomes Pereira, 1992).

Neste sentido, o VO_{2max} tem vindo a ser utilizado largamente na investigação em Fisiologia do Exercício, nomeadamente como medida determinante no caso da Resistência Aeróbia em provas de meio fundo e fundo (Gore, 2000; Saltin e Astrand, 1967). Por outro lado, quando a variação dos valores de VO_{2max} é diminuta como o caso de atletas de elite bem treinados ao nível da resistência aeróbia a relação deste com a *performance* é relativamente pobre (Conley e Krahenbuhl, 1980; Sjodin e Svedenhag, 1985).

A produção aeróbia de energia depende essencialmente de dois factores: aptidão química dos tecidos em utilizar o oxigénio e a aptidão combinada dos mecanismos de captação e transporte (cardíaco, pulmonar, vascular e celular (MacDougall, 1991).

Alguns autores estudaram já a relação do VO_{2max} com a *performance* no Surf (Farley, et al., 2011; Mendez-Villanueva e Bishop, 2005; Mendez-Villanueva, et al., 2010; Mendez-Villanueva, et al., 2005) (Tabela 2), e pode ser evidenciada uma relação segundo Mendez-Villanueva (2005) entre os resultados da resistência aeróbia do Tronco

e os surfistas com melhores resultados competitivos. Apesar de essas diferenças se situarem ao nível da potência aeróbia máxima atingida e não propriamente do consumo de oxigénio.

Em confirmação, outros autores referem que o VO_{2max} e a Potência Aeróbia Máxima atingida em si não são factores diferenciadores entre competidores e recreativos (Loveless e Minahan, 2010a).

No entanto, recentemente (Farley, et al., 2011; Loveless e Minahan, 2010a; Loveless e Minahan, 2010b) concluíram que os valores de VO_{2max} não parecem ter relação com o desempenho competitivo nem são reveladores do nível de desempenho dos atletas. Por outro lado, é sugerido que não existem diferenças entre competidores e surfistas de lazer para o Limiar Láctico (LL), sendo referido que o lactato parece ser um indicador mais sensível ao nível de desempenho (Loveless e Minahan, 2010a).

O VO_{2max} do tronco é avaliado para a população em geral em ergómetro de braços (*arm crank*), e normalmente este método não é muito usado para atletas/surfistas sendo o Kayak-ergómetro modificado a preferência neste tipo de testes (Farley, et al., 2011; Mendez-Villanueva, et al., 2005).

Por um lado alguns autores referem valores similares *swim-bench* e *arm crank* propondo que a utilização de um método mais simples de aplicar (*arm crank*) poderia ser um bom indicador da resistência aeróbia em Surfistas (Lowdon, et al., 1989) mas, por outro lado outros autores encontraram valores muito superiores aos referidos ao testarem surfistas no *swim-bench* (Meir, et al., 1991). Os valores diferem nestes três estudos e adicionalmente não parecem ser explicativos do nível de performance dos atletas já que os valores mais elevados de VO_{2max} foram obtidos por surfistas recreativos.

Contudo a comparação de dados de VO_2 provenientes de diferentes protocolos e metodologias deve ser feita com precaução, particularmente se as massas musculares envolvidas forem distintas (Braços vs Pernas).

A maioria dos estudos na área do treino é feita recorrendo a protocolos de exercício dinâmico nas pernas (ciclo-ergómetro, passadeira e extensão do joelho) quer na área adaptações aeróbias (Bergman, et al., 2000; Bergman, et al., 1999; Phillips, et al., 1996) quer na área das adaptações anaeróbias.

Na análise do exercício para todo o corpo tendencialmente tem sido utilizado o ciclo-ergómetro por razões práticas, de destacar a ausência da necessidade de carregar cargas e de *stress* biomecânico (Hargreaves, 2006).

A especificidade da resposta do VO_2 consoante a musculatura específica de dada modalidade ou tipo de movimento tem sido evidenciada como determinante nos valores de $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Gergley, et al., 1984). Os mesmos autores referem que com o treino as adaptações locais tendem a contribuir significativamente para o $\text{VO}_{2\text{max}}$.

Alguns autores (Mendez-Villanueva, et al., 2005) referem que os valores de VO_2 diferem consoante a posição (horizontal ou erecto) sendo inferior na posição horizontal. Ainda assim os surfistas quando comparados com a população jovem activa, apresentam valores 20% superiores. Apesar das diferenças expectáveis relativamente ao recrutamento muscular envolvido nas duas posições (sentado ou horizontal), a posição corporal parece ter implicações hemodinâmicas e performativas no exercício (Pendergast, et al., 1979).

Na posição supina a resposta do débito cardíaco a alterações da carga é tardia, em função da distribuição sanguínea dispersa por todo o corpo, não facilitando o retorno venoso e consequentemente não alterando drasticamente o débito cardíaco (bomba muscular menos efectiva) (Alves, 1995).

Tabela 2 - Valores absolutos e relativos de $\text{VO}_{2\text{max}}$ em surfistas utilizando o membro superior

Autores	<i>n</i>	Tipo de Teste	$\text{VO}_{2\text{max}}$	$\text{VO}_{2\text{ máx}}$
			($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$)	($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)
Lowdon et al., (1989)	12	Nado	2,87	40,4±2.9
Lowdon et al., (1989)	12	Crank de Braços	2,95	41,6±4
Meir et al., (1991)	6	Swim bench	3,75	54,2±10.2
Mendez-Villanueva et al., (2005)	7	Kayak-Ergómetro	3,34	50±4.7
Mendez-Villanueva et al., (2005)	8	Kayak-Ergómetro	3,40	47,93±6.3
Farley et al., (2012)	8	Kayak-Ergómetro	3,06	44±8.26
Patterson (2002) referido em Loveless & Minahan (2010)	61	Não referida	-	55±6.1
Loveless & Minahan (2010b)	8	VASA	2.66±0.35	37.8±4.5

2.3.1.1 Diferenças entre surfistas de competição e surfistas recreativos

Neste caso, o $\text{VO}_{2\text{max}}$ avaliado entre dois grupos de surfistas de nível competitivo distinto (Nível europeu vs Nível Regional), não foi significativamente diferente (Mendez-Villanueva, et al., 2005). A diferença neste estudo foi que a PAM foi superior nos competidores mais experientes. No final de um teste progressivo a capacidade de produzir mais potência com um valor semelhante de VO_2 pode ser um

indicador de uma maior capacidade de produzir energia anaerobiamente ou de melhor eficiência mecânica (Farley, et al., 2012b; Loveless e Minahan, 2010b).

No seguimento deste estudo, não foi encontrada nenhuma correlação entre os melhores atletas e VO_{2max} (Farley, et al., 2012b) nem diferenças entre competidores e surfistas recreativos (Loveless e Minahan, 2010b). Os valores obtidos destes estudos encontram-se resumidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores de VO_{2max} utilizando o membro superior comparados entre surfistas competidores e surfistas recreativos

Estudo	Amostra	Tipo de Teste	VO_{2max}
Mendez-Villanueva et al., (2005)	Competidores (nível europeu) n=7;26±3	Kayak-ergómetro modificado	50±4.7
	Competidores (nível regional) n=6;27±4		47.9±6.3
Loveless & Minahan (2010b)	Competidores- n=8;27±4	Swim-bench	39.5±3.1
	Recreativos- n=8;18±1		37.8±4.5

2.3.2 O Limiar Láctico e a tarefa específica da remada no Surf

A influência de factores externos no Surf é extensa e variável, por esta razão é provável que os atletas melhor treinados sejam os que mais rapidamente respondem a estímulos externos tendo por isso uma *performance* psicomotora determinante para o sucesso (Mendez-Villanueva e Bishop, 2005). A investigação demonstrou que o aumento da intensidade ou duração do exercício até à fadiga é acompanhado de uma diminuição da habilidade motora e redução das capacidades psicomotoras e funções cognitivas (Guidetti, et al., 2011; Paillard, et al., 2011). Neste sentido, um valor superior

de LL poderá atrasar a instalação de fadiga e preservar as capacidades psicomotoras reduzindo a ocorrência de erros e más escolhas, que podem induzir piores resultados (Mendez-Villanueva, et al., 2005).

Deste modo, o LL parece ser determinante no Surf já que alguns autores revelaram influência deste sobre a performance em exercício para o tronco e membros superiores no Surf (Mendez-Villanueva, et al., 2005).

Apesar de toda a controvérsia acerca da utilidade e metodologias de usadas para obter, interpretar as mudanças nas concentrações sanguíneas de lactato (Myers e Ashley, 1997; Robergs, et al., 2004) este é um método utilizado em modalidades de resistência e não só, de forma a obter informação útil sobre diferentes tipos de variáveis (efeitos do treino, estado de forma, etc.)

O LL não tem sido muito estudado em surfistas porém, Mendez-Villanueva (2005) encontraram valores superiores de LL em surfistas de nível competitivo superior ($\sim 7\%$; $p=0,02$). Adicionalmente foi evidenciada uma correlação entre a classificação competitiva e os valores de LL (melhor classificação maior valor de LL) ($r=0.57$; $p=0.03$). No entanto, intensidades correspondentes à acumulação que os autores referem (4mmol.l^{-1}) parecem estar associados ao Estado Estacionário Máximo para o Lactato (ver Capítulo 2.3.2.1) ao invés da referência desse artigo de *Lactate Threshold* (habitualmente interpretado como Limiar Láctico).

2.3.2.1 Limiar Anaeróbio

Este conceito foi inicialmente proposto por Wasserman e Mellroy (1964) e é definido por: uma intensidade de esforço, expressa em percentagem do VO_2 , acima da qual a glicólise anaeróbia aumenta em relação aos valores de repouso, resultando na diminuição do estado redox da célula, aumentando o quociente lactato/piruvato e aumento líquido de lactato na célula.(Wasserman, 2005).

O Lactato é um intermediário do ciclo de oxidação dos hidratos de carbono que se liberta dos músculos até à corrente sanguínea, no caso da formação de piruvato no sarcoplasma exceder a oxidação de piruvato na mitocôndria (Oliveira, 2007)

Assim, com o início do exercício, a produção de Adenosina Trifosfato (ATP) necessária para responder às exigências da actividade, ainda que moderada, resulta da activação das reservas anaeróbias devido ao atraso da activação dos sistemas pulmonar e cardiovascular. A intensidade do exercício, ou a taxa e frequência das contracções musculares determinam as exigências de ATP (Hargreaves, 2006).

As reacções oxidativas ocorrem sempre depois da activação da glicólise, e por este motivo a produção de lactato muscular é concomitante com o início do exercício (Kenney, et al., 2012; K. Wasserman, et al., 1973).

Assim sendo, a intensidade do exercício (taxa de utilização do ATP) determina a taxa de síntese do ATP, de modo a manter a homeostasia celular (neste caso, uma concentração constante de ATP) num nível metabólico aceitável durante o exercício. A capacidade do músculo esquelético dos mamíferos de proteger a sua concentração de ATP é notável já que a concentração de ATP se mantém relativamente estável durante o exercício aeróbio (Howlett, et al., 1998).

Segundo alguns autores esta acumulação de ácido láctico é prejudicial pois altera o equilíbrio ácido-base da célula muscular já que o ácido láctico é um ácido mais forte do que o ácido pirúvico. Assim, o padrão de variação de lactato em função da intensidade de esforço, revela que quanto mais intenso o exercício, maior o contributo da glicólise “anaeróbia” (Rasoilo, 2001; Wasserman, et al., 1973).

Apesar da correlação entre lactato muscular e sanguíneo, é erróneo interpretar o lactato sanguíneo como reflexo unicamente do lactato muscular, sabendo-se que existem para além do músculo outros órgãos que também o produzem, como os intestinos, o fígado e mesmo a pele (Weltman, 1995). Quanto aos locais de remoção era tradicionalmente referido que o fígado seria o local que removeria maior quantidade de lactato e que seria depois responsável pela neoglicogénese e síntese de Glicogénio.

Apesar desta noção de que o lactato é apenas um metabolito da glicólise, existem agora evidências de que tem um papel determinante como intermediário metabólico durante e após o exercício, actuando como substrato para o metabolismo aeróbio do músculo esquelético, cardíaco e um precursor da neoglicogénese (Hargreaves, 2006).

Se por um lado a ideia de que a acidose metabólica causada pelo exercício tem razões bioquímicas já referidas anteriormente, existe evidência recente de que o *turnover* de ATP é a causa desta acidose (Robergs, et al., 2004). Por exemplo, alguns autores defendem que a ideia de que o ácido láctico é a origem dos iões H^+ . Esta ideia parece ser incorrecta, sendo referido que a acidose metabólica advém da hidrólise do ATP pela enzima ATPase. Reacção esta, que tem como resultado ADP e P_i que serão reutilizados na Glicólise e o H^+ que se acumula no citosol (Busa & Nuccitelli, 1984; Robergs, et al., 2004).

O conceito de acidose metabólica com base na acidose láctica parece não ter evidência científica (Robergs, et al., 2004) mas antes se conclui que a produção de lactato é essencial para o músculo produzir NAD^+ no citosol para a regeneração de ATP pela Glicólise. Os autores referem mesmo que a produção de lactato consome dois prótons (H^+) sendo por definição um retardador da acidose metabólica. Contudo, a acumulação de lactato quer muscular, quer sanguíneo permanece um bom indicador da libertação de iões H^+ , podendo causar uma descida no pH muscular e sanguíneo. Ainda assim, segundo Robergs et al. (2004) essas relações não devem ser interpretadas como causa e efeito.

Neste sentido, considerando as repercussões sistémicas, o processo de medir este limiar leva a definição adicional de um limiar láctico e um limiar ventilatório (Rasoilo, 2001; Wasserman, et al., 1973; Whipp e Ward, 2011):

1. Limiar Láctico: o VO_2 acima do qual o aumento da produção celular de lactato consegue ser observado a partir do aumento da concentração de lactato sanguíneo:

2. Limiar Ventilatório: O VO_2 acima do qual é possível observar uma diminuição da concentração do ião bicarbonato no sangue circulante e um aumento da produção de CO_2 superior ao que seria esperado se o metabolismo fosse maioritariamente aeróbio.

A utilização do modelo de estratificação das zonas submáximas, baseia-se na definição de domínios de intensidade determinados a partir de perfis metabólicos presentes em tarefas de carga constante (Gaesser e Poole, 1996).

O espectro de variação vai desde o domínio moderado (abaixo do LV1 ou LL) ($\pm 2\text{mmol.l}^{-1}$) até ao domínio Severo (intensidades acima do LV2 ou Estado Estacionário Máximo para o Lactato) ($\pm 4\text{mmol.l}^{-1}$), sendo que o domínio entre eles é apelidado de pesado. O EEML caracteriza-se então por diferenciar entre intensidades quase máximas que determinam o fim do exercício por alterações da homeostasia celular (domínio severo) e intensidades que dependem essencial das reservas energéticas (domínio pesado) (Jones e Carter, 2000).

Foi desenvolvido o método v-slope, cuja base deriva do CO_2 excessivo que é produzido pelo tamponamento do ião H^+ pelo HCO_3^- . O aumento do CO_2 produzido é então detectável por análise das trocas gasosas a nível pulmonar (Beaver, et al., 1986).

No mesmo estudo, foi ainda determinado o RCP (Respiratory Compensation Point: que no nosso trabalho será apelidado de LV2) ou seja, um valor acima do Limiar Anaeróbio onde foi analisada a relação entre a V_E e o $V\text{CO}_2$ (Beaver, et al., 1986).

2.3.2.2 Limiares Ventilatórios

2.3.2.2.1 Respiração Pulmonar vs Respiração Celular

A manutenção da homeostasia celular no músculo esquelético requer regulação e integração fina dos níveis de funcionamento das vias metabólicas de tal forma aprimorado que exista um equilíbrio entre a respiração celular e a respiração pulmonar (Wasserman, et al., 1973).

O estudo das trocas gasosas em esforço permite não só tipificar e de alguma forma quantificar a produção aeróbia mas também avaliar os tempos de resposta cardiovascular e respiratória em particular, nas transições entre diferentes intensidades de esforço.

A quantificação da respiração pulmonar permite medir a respiração externa (VO_2 e VCO_2) mas não mede directamente a respiração celular. No entanto, se utilizarmos um protocolo em que se verifiquem estado estacionários para o VO_2 e VCO_2 , garantimos que existe equilíbrio entre ambas as respirações. Neste caso, o estudo da respiração pulmonar permite uma medição indirecta e não-invasiva da respiração celular.

O ponto onde o lactato começa a acumular no sangue, causando um aumento na ventilação, é importante de documentar na avaliação clínica e desportiva (Myers e Ashley, 1997; Wasserman, et al., 1973). Independentemente, dos mecanismos subjacentes a esta acumulação ou mesmo da metodologia utilizada e da prática usada, estas alterações fisiológicas têm impacto na resposta cardiopulmonar. Neste sentido, essas alterações incluem acidose metabólica, contracção muscular comprometida, alterações na cinética de O_2 que causam diminuição da capacidade de trabalho. Por esta razão, qualquer atraso na acumulação de lactato sanguíneo pode ser atribuído a uma dada intervenção (medicamentosa, cirúrgica, causado pelo treino, etc.) (Myers e Ashley, 1997).

O ponto de inflexão no lactato já foi associado com a V_E , ou seja, através da análise de gases existe um ponto identificável no qual a V_E inicia um aumento desproporcional (Wasserman e McIlroy, 1964; Wyatt, 1999).

O tamponamento da acidose metabólica causa um aumento do CO_2 e do H^+ , deste modo, aumento do metabolismo tecidual e da ventilação alveolar insuficiente estimula a ventilação (Ganong, 2006; Kenney, et al., 2012; Wyatt, 1999).

O comportamento da V_E durante o exercício progressivo teoricamente refere dois pontos de transição metabólica normalmente chamados de LV1 (primeiro limiar ventilatório) e LV2 (segundo limiar ventilatório) (Meyer, et al., 2005; Pires, et al., 2011; Wasserman, et al., 1973). Apesar de alguns estudos apresentarem ainda evidência de apenas um limiar ventilatório durante o exercício utilizando os membros superiores (Pires, et al., 2011).

Estes pontos referem-se a pontos de descontinuidade da V_E em relação ao aumento da intensidade do esforço. Por outro lado, se possuímos todos os dados referentes à recolha de gases ao longo do esforço estes podem ser calculados de diferentes formas (Pires, et al., 2011):

- LV1: método V-slope- aumento desproporcionado do VCO_2 em relação ao VO_2 , ou pelo equivalente ventilatório do O_2 (V_E/VO_2).
- LV2: pode ser determinado a partir do equivalente ventilatório do CO_2 (V_E/VCO_2)

O estado de forma é um indicador sensível daí que o LV2 seja mais utilizado para caracterizar o desempenho e o treino aeróbio em atletas de elite (Meyer, et al., 2005) e por outro lado o LV1 seja mais utilizado para populações de idosos e estudos com doentes (Koufaki, et al., 2002; Myers e Ashley, 1997).

Se as intensidades referentes ao LV1 ou LL se referem à transição do domínio moderado para o domínio pesado a sua importância no âmbito da prescrição e avaliação do treino aeróbio é determinante. Por outro lado, o EEML ou LV2 surgem associados já que a determinação do primeiro é morosa e implica vários dias de testagem (Oliveira,

2007) em opção utiliza-se o LV2 (RCP) cuja determinação implica um teste progressivo máximo com análise de gases respiratórios.

2.3.3 Espectroscopia Quasi-Infravermelhos

2.3.3.1 Introdução

A integração dos sistemas respiratórios, cardiovascular e muscular durante o exercício é um mecanismo complexo e sofisticado. O LV1 tem sido usado como um importante indicador da performance (Wasserman e Whipp, 1983) e um bom integrador dos sistemas referidos. O LV2 tem segundo os mesmos autores usado para determinar intensidades quase máximas.

A Hemoglobina é um pigmento vermelho presente nos eritrócitos dos vertebrados e no caso dos humanos e tem duas funções principais: transporte de O_2 do órgão respiratório para os tecidos periféricos e o transporte de CO_2 e prótons dos tecidos periféricos para o órgão respiratório para sua excreção (Ganong, 2006; Murray, 2000).

Esta análise das respostas metabólicas e ventilatórias durante o exercício progressivo reflecte a respiração celular dos músculos periféricos, porém essas respostas ocorrem com um ligeiro atraso. Este atraso pode ser explicado pelo abrandamento no enchimento do volume disponível no músculo e nas regiões alveolares, que é medido na boca, mas também por questões relacionadas com difusão do O_2 e CO_2 .

Recentemente a investigação tem mostrado que a identificação destas fases de transição metabólica (LV1 e LV2) podem ser identificadas através das variações das concentrações de oxihemoglobina (O_2Hb) e da deoxihemoglobina (HHb) através da Espectroscopia Quasi Infravermelho (NIRS)(Billaut, et al., 2013; Miura, et al., 1998; Reis, et al., 2013; Terakado, et al., 1999).

A tecnologia do NIRS permite uma análise em tempo real e não invasiva (já que consiste em duas sondas colocadas sobre a pele) da oxigenação dos tecidos.

Consiste na colocação de duas sondas sobre a pele que nos fornecem informação sobre a oxigenação dos tecidos baseada numa fonte de laser óptico (com um comprimento de onda que pode variar entre 670 nm e os 980 nm) e que tem a capacidade de nos dar informação sobre: a concentração de Oxihemoglobina, a concentração de Deoxihemoglobina e sobre a Hemoglobina Total e o Índice de Oxigenação dos tecidos (TOI).

Assim, durante o exercício progressivo, a O_2Hb apresenta dois padrões de diminuição correspondentes a intensidades do exercício: Uma deflecção acentuada que corresponde com o LV1 seguida de outra deflecção menos acentuada correspondente ao LV2 (Grassi, et al., 1999; Miura, et al., 1998; Reis, et al., 2013; Terakado, et al., 1999). Apesar de na maioria dos estudos apenas se medir a O_2Hb , outros referem que a HHb tem um comportamento de padrão similar porém com trajectórias ascendentes.

O sinal de NIRS obtido durante o exercício progressivo pode ser utilizado para reflectir a relação entre o aporte e utilização local de O_2 , ou as alterações de volume sanguíneo no local das trocas gasosas (Boushel, et al., 2001; DeLorey, et al., 2003).

Outros autores referem uma diminuição na oxigenação do tecido muscular activo coincidente como LV1 (Bhambhani, et al., 1997), uma diminuição abrupta em músculos menos activos concomitante com um início da hiperventilação (Ogata, et al., 2007) e uma diminuição da oxigenação cerebral a seguir ao LV2 (Rissanen, et al., 2012), para testes progressivos realizados em ciclo ergómetro.

O aporte de O_2 e a sua utilização por todo o corpo determina o VO_{2max} , que é o ponto fulcral da capacidade aeróbia. Porém a relação entre VO_{2max} e a oxigenação tecidular durante o exercício é limitada.

Em intensidades máximas os dados são controversos já que em alguns estudos a relação entre oxigenação muscular e o VO_{2max} não foram encontradas mas por outro lado alguns autores encontraram uma associação positiva (Rissanen, et al., 2012)

A utilização desta tecnologia em estudos com o membro superior activo é (pela nossa pesquisa até à data) escassa. De facto, o estudo da oximetria tecidular tem sido

realizado maioritariamente em ciclo ergómetro (Billaut, et al., 2013; Reis, et al., 2013) e a avaliação da resposta da oxigenação local nos membros superiores tem sobretudo surgido de forma acessória, de forma a caracterizar as alterações da oxigenação do membro inferior, quando o membro superior está activo ou inactivo (Ogata, et al., 2007). Recentemente foram comparados as taxas de oxigenação local de braços e pernas em remadores e patinadores no gelo e reportadas capacidades oxidativas inferiores nos braços comparativamente aos membros inferiores (Hesford, et al., 2013; Zhang, et al., 2010). No entanto, não foi até agora estudada a relação da oximetria tecidual e as restantes variáveis de desempenho aeróbio, que serão objecto deste trabalho, nomeadamente no que se refere ao ergómetro usado e consequentemente à posição adoptada e à população estudada.

2.3.4 Características Físicas dos Surfistas

2.3.4.1 Idade

Os atletas de elite em Surf nos nossos dias (Association of Surfing Professionals, 2013) parecem ser mais velhos do que à 30 anos (Lowdon, et al., 1989). Este facto é, segundo Mendez-Villanueva (2005) explicável pela maturidade dos atletas e pelos anos que demoram a alcançar a mestria e características competitivas necessárias ao Surf de competição. Por outro lado, é referido ainda que os crescentes incentivos financeiros podem também adiar a desistência do desporto (Mendez-Villanueva e Bishop, 2005).

Os estudos realizados com surfistas e as bases de dados descritos na Tabela 4 revelam-nos dois pontos essenciais:

1. Os dados provenientes da base de dados da ASP (Association of Surfing Professionals, 2013) são reveladores de poucas alterações ao nível da idade dos SE internacionais já que pouco diferem essas médias com dez anos de intervalo (27.5 ± 3.6 anos em 2003; 27.6 ± 5.7 anos em 2013);
2. As investigações científicas conduzem-nos a dois grupos de dados:

- a. Os estudos feitos com atletas Sêniores apresentam idades que variam entre os 22.1 ± 3.1 (Paillard, et al., 2011) e os 34.12 ± 3.81 anos (Barlow, et al., 2014) valores que são indicadores da realidade do Surf de elite apresentando valores máximos e mínimos similares com os limites referidos para este grupo (17 e 41 anos) (Association of Surfing Professionals, 2013).
- b. Os estudos restantes foram feitos com atletas Júniores e mais novos como os dados revelam sendo 15.61 ± 1.06 anos, os mais novos (Barlow, et al., 2014) até os 18 ± 1 anos (Loveless e Minahan, 2010b).

2.3.4.2 Altura

Os SE internacionais apresentam valores de altura inferiores (177.8 ± 5.5 cm) (Association of Surfing Professionals, 2013) a atletas de outras modalidades tais como Natação (183.8 ± 7.1 cm) e Pólo-Aquático (186 ± 6.5 cm) (Carter e Ackland, 1994). Neste sentido os dados actuais revelam que os SE estão mais altos do que há dez anos atrás (174.7 ± 6.1 cm) (Mendez-Villanueva e Bishop, 2005) e ainda mais altos do que nas primeiras investigações realizadas nesta área que revelam valores na ordem dos 173.6 ± 5.9 cm (Lowdon, et al., 1989).

Uma estatura mais baixa parecia ser até à pouco tempo uma característica que favorecia os surfistas sendo referido que esta teria uma influência positiva no controlo do equilíbrio dinâmico já que permita ter um centro de gravidade mais baixo. Contudo verificamos uma tendência actual para uma maior estatura sendo de referir que o atleta mais alto do restrito grupo dos 34 melhores da actualidade medir 190cm valor muito díspar daqueles encontrados na literatura (Association of Surfing Professionals, 2013).

2.3.4.3 Peso

No caso do Peso, mais uma vez se verifica uma diferença entre os SE (73.6 ± 5.7 kg) (Association of Surfing Professionals, 2013) e outros atletas

nomeadamente nadadores (78.4 ± 7.1 kg) e jogadores de Pólo-Aquático (86.1 ± 8.4 kg) (Carter e Ackland, 1994).

Em relação aos estudos realizados vemos uma variação de Peso que vai dos 61.1 ± 9.2 kg (Loveless e Minahan, 2010b) até aos valores obtidos por Barlow et al. (2014) na ordem dos 78.57 ± 7.17 kg. Esta variação pode representar uma mudança na realidade do desporto, já verificada também em relação à variável altura pois são exactamente os estudos onde os atletas apresentam valores médios maiores de altura nos quais o mesmo se verifica para o Peso (Barlow, et al., 2014; Paillard, et al., 2011; Sheppard, et al., 2012).

A análise antropométrica não parece estar relacionada com a performance em competição (Fernandez-Lopez, et al., 2013; Mendez-Villanueva e Bishop, 2005). Neste sentido a avaliação antropométrica apesar de nos parecer essencial e importante não parece revelar valores ideais de medida dada a variação de valores que hoje se verifica na literatura.

Tabela 4 – Características físicas de surfistas e outros atletas (informação do site da ASP* e de investigação (idade, altura e peso)**

Estudo		<i>n</i>	Idade	Altura (cm)	Peso (Kg)
World Championship Tour (ASP-2003)*		44	27.5±3.6	174.7±6.1	-
World Championship Tour (ASP-2013)*		34	27.6±5.7	177.8±5.5	73.6±5.7
Mendez-Villanueva et al., (2005)	Europeus**	7	25.6±3.4	172.1±4.9	67±4.3
	Regionais**	6	26.5±3.6	174.9±4.7	71.1±2.6
Lowdon et al., (1989) **		76	22.2±3.2	173.6±5.9	67.9±7.2
Carter & Ackland (1994)	Nadadores**	231	-	183.8±7.1	78.4±7.1
	Jogadores de Pólo-Aquático**	190	-	186±6.5	86.1±8.4
Loveless & Minahan (2010a)**		8	18±1	172±0.09	68±11.7
Loveless & Minahan (2010b)**		11	17±1	171±0.08	61.1±9.2
Paillard et al., (2011)**		9	22.1±3.1	173.8±3.8	71.7±4.7
Sheppard et al. (2012)**		10	23.9±6.8	177±6.5	72.2±2.4
Fernandez- Lopez et al. (2013) **		10	17.6±2.06	174.3±0.07	66.73±5.91
Barlow et al. (2014)	Profissionais**	17	34.12±3.81	177.28±6.29	78.57±7.17
	Júniors**	16	15.61±1.06	173.86±5.72	63.27±7.17

3 Metodologia

3.1 Caracterização da amostra

3.1.1 Idade, Peso, Altura e Frequência de Prática

Em relação a esta variável não se verificaram diferenças significativas entre os dois grupos ($p=0.199$) apesar da média de idades dos SR ser superior (Tabela 5). Este valor para os SE é ligeiramente inferior que a média da Elite em 2003 (27.5 ± 3.6) e em 2013 (27.6 ± 5.7) (Association of Surfing Professionals, 2013; Mendez-Villanueva e Bishop, 2005).

Porém a nossa amostra de SE era também constituída por 2 surfistas Juniores (≤ 18 anos) revelando por isso valores similares a alguns estudos nos quais este escalão etário foi testado (Barlow, et al., 2014; Fernandez-Lopez, et al., 2013; Loveless e Minahan, 2010a; Loveless e Minahan, 2010b) (Tabela 5).

Tabela 5 - Características Físicas dos atletas da amostra entre SR e SE (média \pm dp)

	Recreativos n=6	Competidores n=6	p -value
Idade	32,3 \pm 3,1	25 \pm 8,4	0,199
Peso (kg)	73,2 \pm 7,8	68,5 \pm 3,8	0,214
Altura (cm)	175,2 \pm 4,9	173,7 \pm 4,7	0,528
Frequência de Prática (sessões/semana)	3,67 \pm 0,816*	7,7 \pm 1,5*	0,001

Não foram verificadas diferenças significativas para o Peso entre os dois grupos ($p=0.214$) (Tabela 5). Os SE revelaram ser mais leves que os SR, sendo que os valores são também abaixo dos valores de referência para os SE internacionais que apresentam em média 73.6 ± 5.7 kg (Association of Surfing Professionals, 2013).

Em comparação com outros atletas de elite aquáticos os SE desta amostra apresentam também valores abaixo de nadadores ($78.4 \pm 7.1 \text{ kg}$; $n=231$) e de jogadores de pólo-aquático ($86.1 \pm 8.4 \text{ kg}$; $n=190$) (Carter e Ackland, 1994). Mais uma vez quando comparados com estudos mais recentes com surfistas jovens os SE do nosso estudo possuem valores de peso similares (Barlow, et al., 2014; Fernandez-Lopez, et al., 2013; Loveless e Minahan, 2010 b; Paillard, et al., 2011) (Tabela 4).

Os SE apresentaram valores de altura inferiores aos SR apesar das diferenças não serem significativas ($p=0.528$) (Tabela 5). É contudo de referir que os valores dos SE se encontram próximos dos valores dos SE internacionais ($174.7 \pm 6.1 \text{ cm}$ em 2003) (Mendez-Villanueva e Bishop, 2005); ($177.8 \pm 5.5 \text{ cm}$ em 2013) (Association of Surfing Professionals, 2013).

Quando comparados com SE mais jovens os resultados revelam uma tendência similar (Barlow, et al., 2014; Fernandez-Lopez, et al., 2013; Loveless e Minahan, 2010a; Loveless e Minahan, 2010b; Paillard, et al., 2011) (Tabela 4).

Relativamente ao número de sessões por semana verificamos que SE referem uma prática superior aos SR, sendo esse valor ($7,7 \pm 1,5$) significativamente superior ao valor dos SR ($3,67 \pm 0,816$) ($p=0.001$) (Tabela 5). No nosso estudo os valores são similares a alguma da (escassa) literatura que encontrámos (6.3 ± 0.8 ; $n=7$; 5.5 ± 1.5 ; $n=7$) (Bruton, et al., 2013; Mendez-Villanueva, et al., 2005). Por outro lado, Loveless e Minahan (2010) referem valores de frequência de treino superiores (13 ± 3 ; $n=8$).

3.2 Apresentação Geral do Desenho experimental

Este estudo conforme descrito no Capítulo 1.2 e consequente revisão de literatura pretende diferenciar entre Surfistas de Elite (SE) e Surfistas Recreativos (SR) portugueses na modalidade de Surf ao nível dos seguintes parâmetros: $\text{VO}_{2\text{max}}$, LV1 e LV2. Em termos práticos pretendemos saber se existem diferenças significativas ao nível destas variáveis entre os dois grupos de atletas. Foi ainda realizado um estudo adicional utilizando espectroscopia quasi-infravermelhos (NIRS) para tentar caracterizar as adaptações locais ao nível das trocas gasosas (transporte de O_2 -hemoglobina).

Para este efeito foi aplicado a todos os atletas o mesmo protocolo de teste de remada utilizando o ergómetro VASA *Swim Trainer* sem movimento do banco de apoio (bloqueado para evitar os movimentos longitudinais do corpo causando perdas de potência e eficácia na remada).

A execução dos testes na mesma carga absoluta toma em consideração que uma carga corresponde a uma determinada necessidade energética. Assim, a questão que se coloca é como é que o treino altera a utilização dos diferentes substratos e oxidação para a mesma necessidade energética (Hargreaves, 2006).

Todos os sujeitos realizaram um teste de remada máximo, contínuo e progressivo com patamares de dois minutos e incrementos de 10W por patamar. O protocolo iniciava-se com um patamar de 20W e foi pedido aos atletas que tentassem remar a ± 5 W da potência desejada.

Através do teste foram obtidos os valores VO_{2max} e PAM. Os dados do LV1, LV2 e FC foram estimados. Sendo que a análise de gases foi recolhida em *breath by breath* utilizando Metamax 3B (Cortex, Biophysik, Leipzig, German).

3.3 Aplicação do Protocolo

Após a descrição e informação dos procedimentos a que iam ser submetidos, cada um dos elementos da amostra deu o seu consentimento para a participação neste estudo. Os elementos da amostra foram também informados que se acaso desejassem interromper o teste o podiam fazer em qualquer momento.

As datas foram marcadas de modo a não coincidirem com competições ou treinos intensos para os SE. Os testes foram realizados no inciso da época de modo a assegurar que os SE estivessem num período de preparação semelhante.

Nenhum dos atletas referiu qualquer contraindicação nem doença actual ou recente, nem mesmo medicação à excepção de um dos SE que referiu sofrer de asma.

Foi pedido a todos os elementos da amostra para se absterem do consumo de café e de álcool (D'Urzo, et al., 1990; Hetzler, Warhaftig-Glynn, et al., 1994) e actividade física intensa (treino) 24 horas antes do teste.

3.4 Instrumentos

3.4.1 Ergometria

Para aplicação do protocolo e medida de Potência foi utilizado um ergómetro VASA *Trainer com Power Meter* (VASA, Inc. – USA)

O ergómetro foi modificado de modo a que o banco não se movesse (ou seja: um ergómetro estacionário). Neste tipo de aparelho a velocidade e força da remada não são constantes por isso não se pode dizer que sejam nem isotónicos nem isocinéticos (Loveless e Minahan, 2010b). O ergómetro é constituído por duas pásas que se colocam nas mãos, ligadas a dois cabos que induzem a rotação da resistência no interior do ergómetro. A Potência externa de cada uma dessas pásas é determinado por dois transdutores de força que medem: força, distância e duração.

Como não era possível adaptar a carga a cada individuo estes deviam durante a remada ter constante feedback visual e auditivo da zona de Potência em que se encontravam.

3.4.2 Análise de Gases Respiratórios

Utilizou-se um analisador de Gases portátil Metamax 3B (Cortex, Biophysik, Leipzig, Germany) com a recolha de dados a funcionar em modo *breath by breath*. Os sujeitos utilizaram uma máscara que cobria toda a zona da boca e nariz. O analisador foi calibrado antes de cada teste utilizando uma seringa de 3L (Hans Rudolph, Kansas City,

MO) e previamente calibrado com gases de concentração conhecida (5% - CO₂ e 15% - O₂) de acordo com as instruções do fabricante.

Os dados foram suavizados para se obterem valores com intervalos de 10 segundos e com o VO_{2max} a ser considerado o valor mais elevado do consumo em média de 30 segundos.

As médias (e respectivos desvios-padrão) de cada patamar foram calculados com a média dos últimos 30 segundos de cada patamar e o último patamar só foi considerado completo quando:

1. Os atletas alcançassem o seu máximo volitivo.
2. Os atletas completassem pelo menos metade do tempo (1 minuto).
3. Os atletas não conseguissem manter o intervalo de Potência requerido.

3.4.3 Análise da Frequência Cardíaca

Utilizaram-se monitores Polar, modelo RS 800 configurado para o registo batimento a batimento (RR).

3.4.4 Análise NIRS

Utilizou-se um aparelho NIRS (NIMO-Near Infrared Muscle Oxymeter) que nos dá informações sobre a oxigenação dos tecidos (como já descrito no Capítulo 2.3.3).

Foram colocadas duas sondas:

1. Sonda 1 – Massa muscular mais activa (zona do trapézio médio esquerdo)
 2. Sonda 2 – Massa muscular menos activa (Gémeo Interno da perna esquerda)
- (Figura 2)



Figura 2 - Colocação da sonda NIRS sobre o gêmeo esquerdo (foto ilustrativa)

Como descrito pelo proprietário o uso destas sondas implica a medição das pregas adiposas de modo a subtrair metade do seu valor e este ser introduzido como factor de correcção da camada de tecido adiposo presente na zona de recepção, e que pode influenciar a penetração da luz. Deste modo, foram efectuadas medidas de duas pregas adiposas presentes no local de recolha (prega subescapular e prega geminal) obedecendo aos métodos descritos por Fragoso (2011).

A colocação das sondas implica a sua cobertura com um tecido que impeça a passagem de luz daí a colocação de ligaduras sobre as sondas como observado na Figura 2.

Os dados de NIRS foram suavizados para obter valores com 10 segundos de intervalo. Foram normalizados os dados para a variação relativamente à baseline calculada como a media dos primeiros trinta segundos dos últimos três minutos. Os valores de $\Delta[\text{O}_2\text{Hb}]$, $\Delta[\text{HHb}]$ e TOI (%) foram utilizados como sendo bons indicadores da oxigenação dos tecidos sendo um reflexo do chegada de O_2 à célula e a sua utilização (DeLorey, et al., 2003). A tHb foi analisada já que reflecte as alterações no volume sanguíneo (DeLorey, et al., 2003)

3.4.5 Análise Antropométrica

Foram executadas algumas medidas antropométricas com o objectivo de caracterizar a amostra e também para a utilização do NIRS (como descrito no Capítulo referente a este estudo adicional 3.4.4).

Desta forma as medidas lineares e pregas subcutâneas recolhidas obedeceram ao método descrito por Fragoso & Vieira (Fragoso, 2011).

As medidas recolhidas foram:

- Altura
- Peso
- Prega Subescapular
- Prega Geminal

3.4.6 Análise Estatística e Tratamento dos Dados

A normalidade de cada uma das populações foi averiguada utilizando um dos testes de normalidade já referidos: teste de Shapiro-Wilk ou Kolmogorov-Smirnov. Tendo sido verificada a normalidade das duas populações efectuou-se o teste de Levene para a igualdade de variâncias.

O teste de Levene permite testar a igualdade de variâncias das duas populações, isto é, permite efectuar o teste de hipóteses.

Caso sejam válidas as duas condições de aplicabilidade apresentadas, a comparação dos valores médios das duas populações foi feita utilizando o teste t para amostras independentes com nível de significância de 5% ($p=0.05$). Nas situações em que não se verificou a normalidade da amostra (Teste de Shapiro-Wilk) foi então aplicado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney (Idade)

4 Apresentação dos Resultados

4.1 Indicadores Fisiológicos

4.1.1 Consumo Máximo de Oxigénio

O nosso estudo revela uma diferença significativa para o VO_{2max} ($p=0.01$) entre os SE e os SR, sendo que os SE apresentam valores de VO_{2max} superiores em relação aos SR (SE: $43.7 \pm 7.9 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$; SR: $31.2 \pm 7.4 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$)

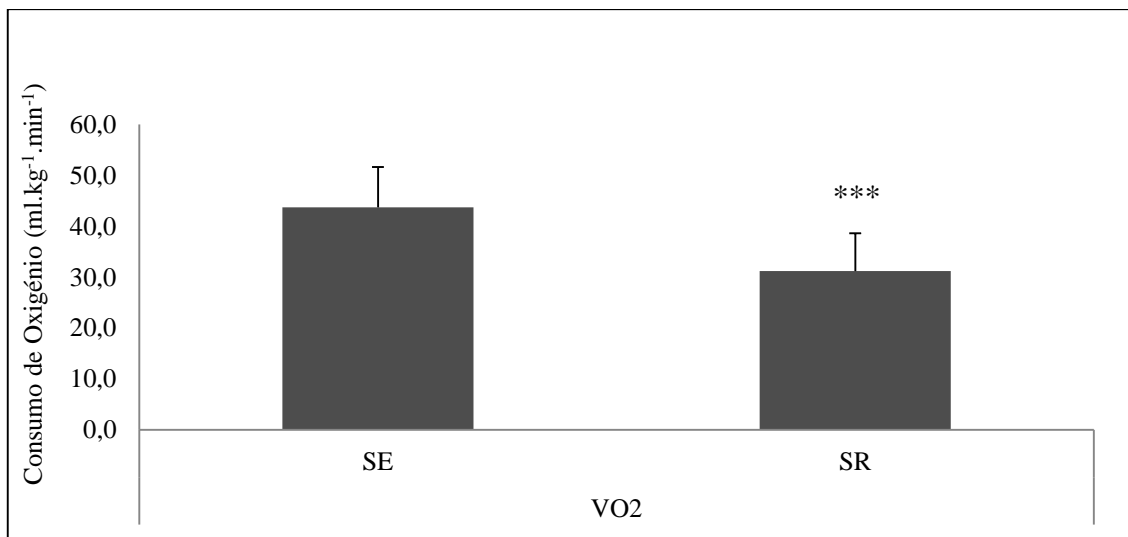


Figura 3 - Comparação entre SE e SR dos valores de VO_{2max} durante o teste progressivo.
*****Diferenças significativas entre os dois grupos**

Apresentação dos Resultados

Variáveis		W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9
	Surfistas	20W	30W	40W	50W	60W	70W	80W	90W	100W
Consumo de O ₂ (L.min ⁻¹)	SE	1.1±0.4	1.4±0.5	1.7±0.6	1.9±0.6	2.0±0.4	2.2±0.5	2.5±0.5	2.5±0.2	3.3±0.1
	SR	0.8±0.1	1.1±0.1	1.4±0.1	1.5±0.1	1.9±0.1	2.1±0.3	2.2±0.4	2.5±0.4	-
Consumo de O ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	SE	16.2±6.8	20.9±8.0	25.1±9.3	28.3±9.8	29.6±7.6	32.3±9.9	35.7±10	36.3±3	46.8±1.3***
	SR	11.7±2.4	15.3±2.2	18.7±3.2	21.4±3.2	26±3.4	30±4.0	29.6±4.0	35.1±3.0***	-
Frequência Cardíaca (bat.min ⁻¹)	SE*	83±8	113±6	126±13	130±34	148±42	168±0	-	-	-
	SR	99±25	101±11	113±10	129±9	135±18	147±17	157±11	157±3	-

Tabela 6 - Valores referentes ao VO₂ e Frequência Cardíaca por patamar do teste progressivo entre Surfistas de Elite e Surfistas Recreativos (média±dp).Nota:* os valores que estão apresentados referem-se apenas a dois atletas já que por erro o cardiofrequencímetro não fez a recolha.

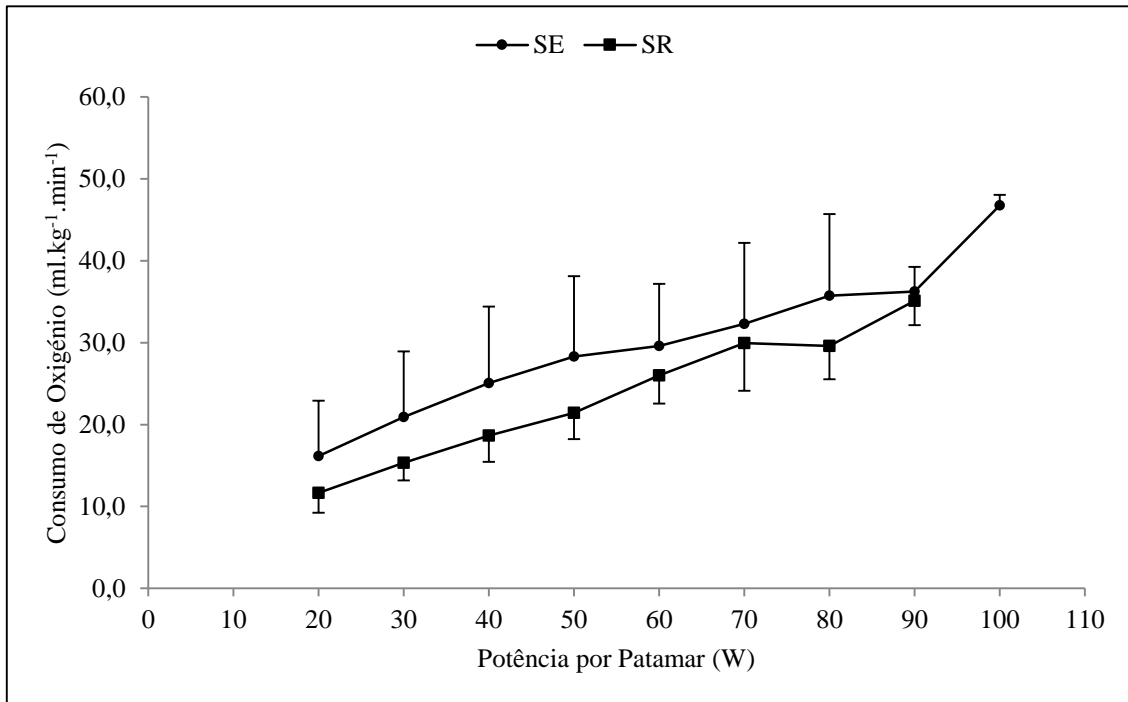


Figura 4 - Relação entre o Consumo de O₂ e a Potência de cada patamar entre Surfistas de Elite (SE) e Surfistas Recreativos (SR). Os valores apresentados são médias e desvios-padrão dos grupos e foram determinados nos patamares do teste progressivo

Na Figura 4 apresentamos os valores de consumo de ambas as populações por patamar do teste verificamos que os SE atingiram um patamar de Potência superior que os SR. O cálculo destas médias (e respectivos desvios-padrão) foi realizado calculando a média dos últimos 30 segundos de cada patamar e o último patamar só foi considerado completo se os atletas completassem pelo menos metade do tempo (1 minuto) ou quando já não conseguissem manter o intervalo de Potência requerido.

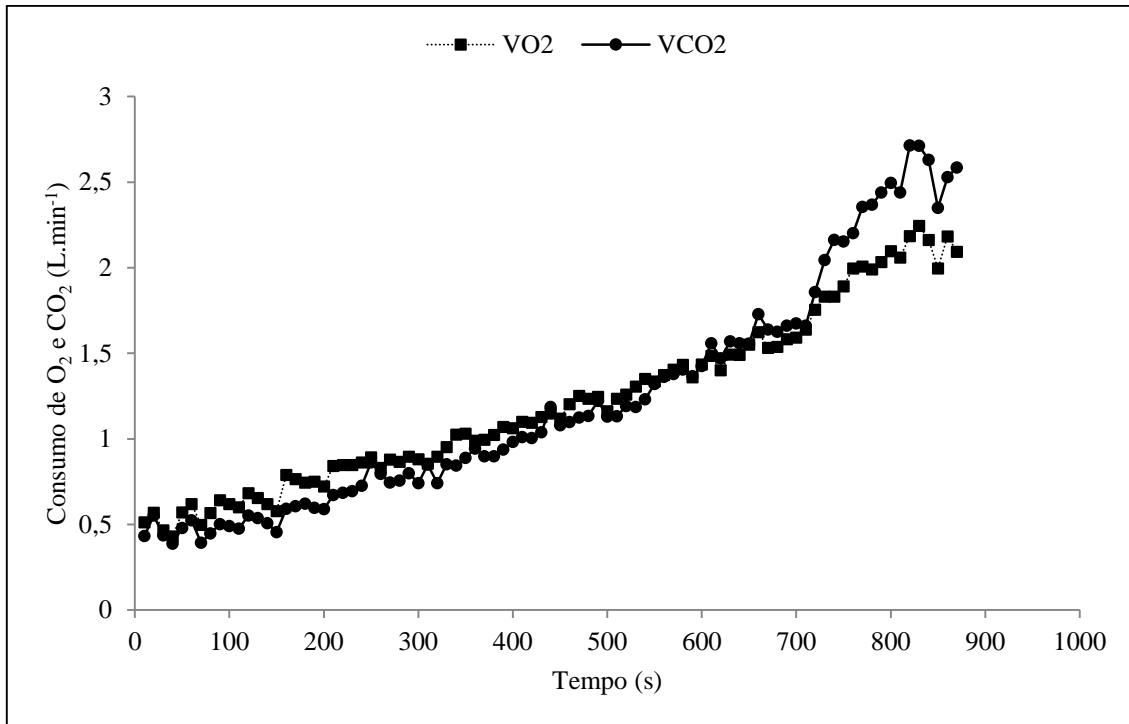


Figura 5 – Exemplo representativo do teste progressivo VCO₂ e VO₂ vs. tempo (em segundos). Os resultados foram suavizados através de *moving average* de 10 segundos.

4.1.2 Potência

4.1.2.1 Potência Aeróbia Máxima e Potência do 2º Limiar Ventilatório e Potência do 1º Limiar Ventilatório

Em relação a estas variáveis os valores encontrados são muito similares e não apresentam diferenças significativas ($p=1$).

Os SE apresentaram um valor máximo de 76.7 ± 18.6 W e os SR apresentaram um valor de 76.7 ± 16.3 W.

Em relação à Potência correspondente ao LV2 não encontramos diferenças significativas ($p=0.583$) entre SE (60 ± 12.6 W) e SR (56.7 ± 8.2) apesar dos grupos de competidores evidenciar valores superiores (Tabela 7).

No mesmo sentido não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de Potência (SE: 38.3 ± 11.7 W; SR: 35 ± 8.4 ; $p=0.548$) á intensidade do LV1 (Tabela 7).

4.1.3 2º Limiar Ventilatório

Ao nível do LV2 (Respiratory Compensation Point) verifica-se um valor superior nos SE ($33.8 \pm 10.4 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) em relação aos SR ($23.7 \pm 6.4 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Contudo esta diferença não é significativa ($p=0.68$) (Figura 6).

Em relação à percentagem de $\text{VO}_{2\text{max}}$ ao qual ocorre o LV2 mais uma vez os resultados não evidenciam uma diferença significativa entre os SE ($72.5 \pm 17.2\% \text{VO}_{2\text{max}}$) e os SR ($75.6 \pm 7.8\% \text{VO}_{2\text{max}}$) ($p=0.05$). Apesar de neste caso os valores serem inferiores nos SE (Tabela 7).

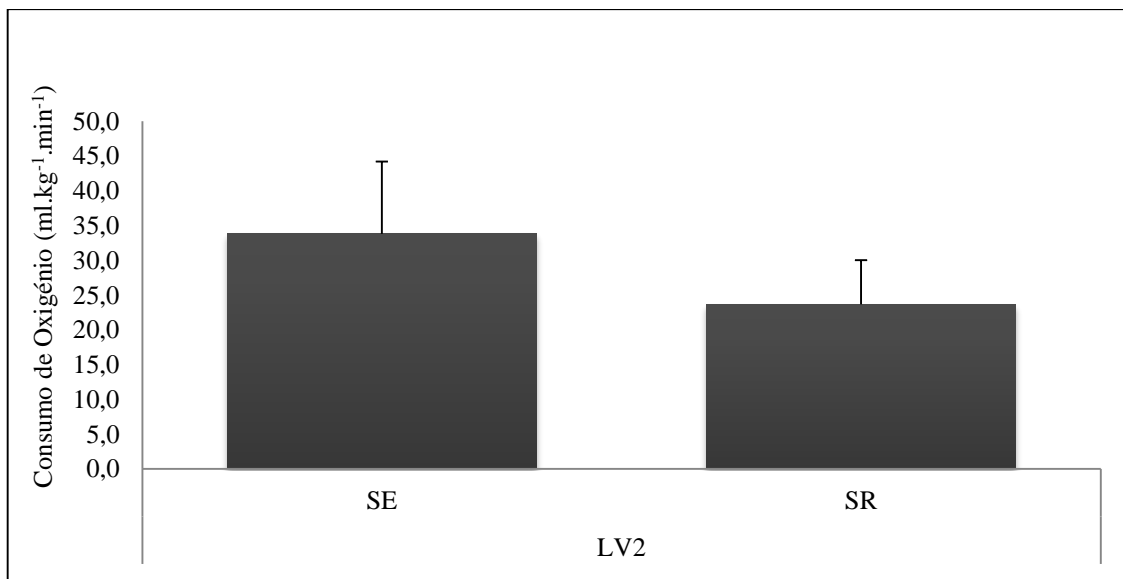


Figura 6 - Comparação entre SE e SR dos valores de consumo de O_2 à intensidade do LV2 durante o teste progressivo

4.1.4 1º Limiar Ventilatório

Neste caso podemos verificar diferenças significativas ao nível do consumo de oxigénio já que os SE apresentam valores superiores ($22.5 \pm 5.9 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) que o grupo de SR ($16 \pm 3.7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) ($p=0.046$). Por outro lado não foram encontradas diferenças significativas entre os valores $\% \text{VO}_{2\text{max}}$ no qual ocorreu o LV1 (SE: $51.7 \pm 10.7\% \text{VO}_{2\text{max}}$; SR: $51.6 \pm 4.9\% \text{VO}_{2\text{max}}$; $p=0.194$) (Tabela 7)

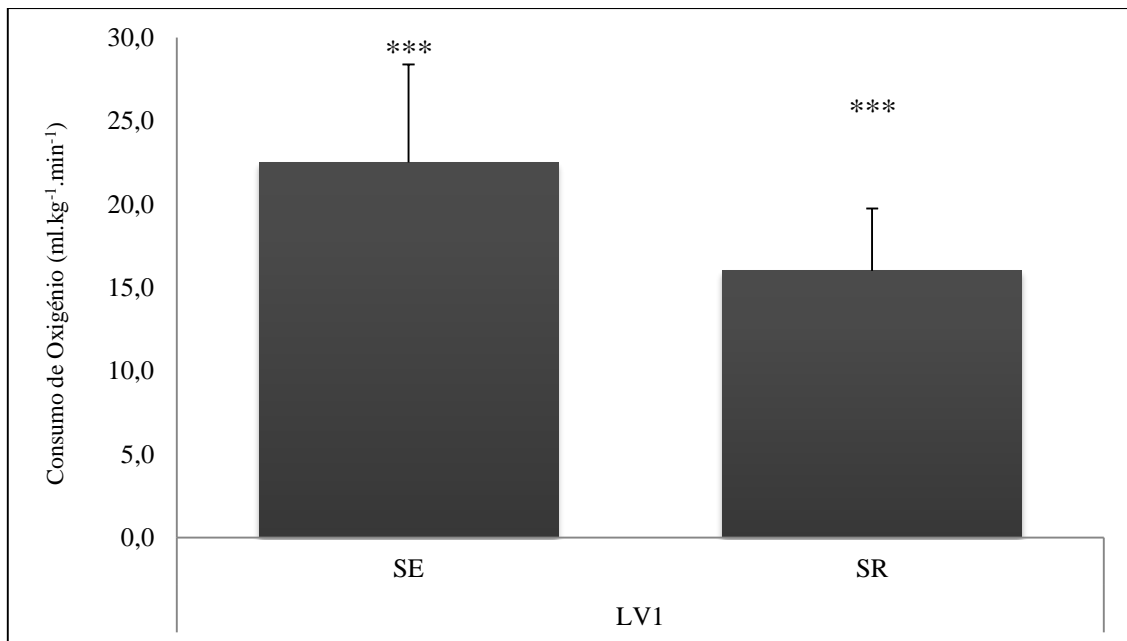


Figura 7 - Comparação entre SE e SR dos valores de consumo de O_2 à intensidade do LV1 durante o teste progressivo. * Diferenças significativas entre SE e SR**

Em suma verificamos que os SE apresentam valores superiores para ambos os limiares em todas as variáveis à excepção do LV2 expresso em $\% \text{VO}_{2\text{max}}$. Apesar de que apenas se verificam diferenças significativas ao nível do LV1 (Tabela 7).

Tabela 7 – Apresentação dos dados de Potência e consumo de O₂ dos SE e SR.*Diferenças significativas entre SE e SR

	Surfistas	LV1	LV2
Potência (W)	Competidores	38.3±11.7	60±12.6
	Recreativos	35±8.4	56.7±8.2
Consumo de O ₂ (ml.kg ⁻¹ min ⁻¹)	Competidores	22.5±5.9*	33.8±10.4
	Recreativos	16±3.7*	23.7±6.4
Consumo de O ₂ (% VO _{2max})	Competidores	51.7±10.7	72.5±17.2
	Recreativos	51.6±4.9	75.6±7.8

5 Discussão dos Resultados

O objectivo deste estudo é na sua essência caracterizar as diferenças entre SE e SR ao nível dos indicadores aeróbios num exercício incidindo sobre o trem superior.

Nesta linha, o nosso estudo veio revelar que os SE apresentam valores superiores de VO_{2max} que os SR que poderá estar associado com a quantidade de horas que os SE dedicam ao treino já que as diferenças ao nível da frequência de prática semanal são significativas sendo que os SE apresentam valores superiores ($7,7 \pm 1,5$ sessões/semana). Estes valores ainda assim encontram-se ainda abaixo dos valores referidos por Loveless e Minahan (2010b) que referem valores de 13 ± 3 sessões por semana.

Os valores de VO_{2max} são contraditórios com a literatura já que em estudos anteriores não foram evidenciadas diferenças significativas entre SE e SR ao nível do VO_{2max} (Farley, et al., 2012b; Loveless e Minahan, 2010b; Mendez-Villanueva, et al., 2005). Apesar de não ser o primeiro estudo a encontrar um valor superior de PAM para os SE (Mendez-Villanueva, et al., 2005) parece-nos que é o primeiro estudo a encontrar diferenças significativas ao nível do consumo propriamente dito.

A informação publicada que caracteriza as respostas fisiológicas dos surfistas ao esforço estão em crescimento porém neste indicador a quantidade é ainda escassa. Num estudo por (Lowdon, et al., 1989) os valores obtidos por atletas de competição variaram consoante o teste foi feito em *arm crank* ($41,6 \pm 4$ ml.kg⁻¹.min⁻¹) e nado amarrado ($40,4 \pm 2,9$ ml.kg⁻¹.min⁻¹). Estes valores encontram-se abaixo do nosso estudo porém outros estudos mais recentes revelam valores superiores para atletas de competição (Meir, et al., 1991; Mendez-Villanueva, et al., 2005). Os valores destes estudos parecem não distinguir entre competidores e praticantes recreativos já que os valores mais elevados foram obtidos por praticantes recreativos (Meir, et al., 1991).

A comparação dos valores de VO_{2max} com outras populações deve ser feita com cuidado já que os protocolos e tipos de teste são diferentes. A população em geral é avaliada nesta variável através de teste no *arm crank*, que independentemente das diferenças entre o padrão de recrutamento muscular em relação aos testes na posição deitada apresentam ainda alterações ao nível da hemodinâmica (Pendergast, et al., 1979).

Desta forma, as diferenças entre SE e SR podem advir da quantidade de horas de treino ou mesmo ao local onde habitualmente praticam a actividade. Lowdon (1989) refere que no seu estudo os atletas tinham uma distância curta de remada até à zona atrás da rebentação (± 2 minutos). Por outro lado, outros estudos referem tempos de mais de 4 minutos (Mendez-Villanueva, et al., 2006). É desta forma expectável que essas variações de padrão de remada tenham influência nas variáveis metabólicas, ou seja, mais uma vez ao compararmos atletas de diferentes locais diferenças derivadas dessas características do local devem ser tidas em atenção. De referir que é comum entre SE uma constante deslocação sendo que estes competem em zonas diferentes e, normalmente tentam viajar para os locais de competição ou locais com características similares aos mesmos. Assim sendo, entre SE estas diferenças poderão estar atenuadas razão que pode explicar a ausência de diferenças entre competidores evidenciadas no estudo de (Mendez-Villanueva, et al., 2005).

Por outro lado, os mesmos autores efectuaram uma comparação entre atletas treinados (nadadores) e SE e os valores foram superiores nos últimos ($46,83 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; $33,32 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Estes dados contrariam os resultados de alguns estudos que referem que a diferença principal entre competidores e não competidores se encontra ao nível da PAM e não do consumo (Loveless e Minahan, 2010b). No nosso caso as diferenças não foram significativas entre a PAM dos SE e dos SR. No entanto, é de referir que foi um dos atletas de elite que revelou o valor mais alto de PAM com 110W. O próprio protocolo utilizado partia do pressuposto de que cada carga corresponde a uma dada necessidade energética, sendo que a questão de fundo seria perceber de que forma o treino (nível de performance, já que os SE apresentam maior frequência de prática) influencia a oxidação e utilização dos substratos (Hargreaves, 2006), em última análise perceber como o nível de prática diferencia fisiologicamente os atletas.

Ao nível do LV1 podemos constatar valores significativamente superiores nos SE. Neste mesmo limiar podemos verificar que não existem diferenças significativas nem na Potência nem no valor expresso em $\% \text{VO}_{2\text{max}}$, porém verifica-se uma tendência já que estes valores são sempre superiores nos SE. A dimensão da amostra pode condicionar a ausência de relações significativas.

Deste modo, a definição de que este limiar corresponde à carga de trabalho em que a lactatemia se afasta dos valores de repouso, iniciando-se a fase de tamponamento (Wasserman, et al., 1973) e que melhorias neste parâmetro (LV1) com o treino são significativas de um condicionamento físico ao nível da resistência aumentado. No entanto, a intensidade a que normalmente este limiar ocorre (50 a 80%VO_{2max}) se situa abaixo do nível de intensidade dos atletas bem treinados a este nível (Jones & Carter, 2000). Por outro lado, a prática do Surf não possui as características em termos de treino e competição similares às das modalidades cíclicas daí que talvez este seja um bom indicador do estado de treino destes atletas

Alguns autores propuseram que o treino à intensidade do LV1 representa um modo óptimo de desenvolver a resistência aeróbia. Sendo que, o treino a esta intensidade provocaria as adaptações necessárias em termos de resistência geral sem as limitações temporais resultantes da acumulação de metabolitos (Weltman, 1995; Weltman, et al., 1990). Assim segundo Jones (2000) que refere no seu artigo sobre a influência do treino de resistência da resistência aeróbia, os dados revelam que o treino de alta intensidade apropriada parecer o melhor estímulo para potenciar esta capacidade.

O LV2 por outro lado, não apresentou diferenças significativas mas mais uma vez se verifica uma tendência já que os SE apresentam valores superiores para o VO₂ e a PLV2 mas não para os valores expressos em %VO_{2max}. facto este que contraria as evidências da literatura da modalidade que referem valores superiores de concentração de lactato (4m.mol⁻¹) em atletas de elite (Mendez-Villanueva, et al., 2005). Sendo que, neste estudo os autores encontraram uma correlação entre esta variável e a classificação no ranking ($r=-0,58$, $p=0,03$).

Estes dados fazem-nos supor que os SE poderão ser capazes atrasar a instalação de fadiga e preservar as capacidades psicomotoras reduzindo a ocorrência de erros e más escolhas que induzem piores resultados (Mendez-Villanueva, et al., 2005).

Diversa investigação demonstrou que o aumento da intensidade ou duração do exercício até à fadiga é acompanhada de uma diminuição da habilidade motora e redução das capacidades psicomotoras e funções cognitivas (Guidetti, et al., 2011; Paillard, et al., 2011). Por estas razões, um valor superior de LL poderá atrasar a instalação de fadiga e preservar as capacidades psicomotoras reduzindo a ocorrência de

erros e más escolhas que induzem piores resultados (Mendez-Villanueva, et al., 2005). Foi demonstrado que o exercício à intensidade do LV2 parece ter um papel determinante no aumento da instabilidade postural (Guidetti, et al., 2011) porém os testes foram realizados em corrida na passadeira e sabe-se que o controlo postural é afectado pelos sensores visuais, vestibulares e somáticos (Nagy, et al., 2004)

5.1 Estudo Exploratório utilizando NIRS (exemplo ilustrativo)

Durante o exercício progressivo tem sido documentado que a O_2Hb apresenta um ponto de deflecção ao nível do LV1e um outro menos acentuado ao nível do LV2 (Bhambhani, et al., 1997; Reis, et al., 2013; Terakado, et al., 1999). No nosso estudo podemos verificar pela Figura 8, na prova realizada, que ocorrem esses dois pontos de inflecção e que estes se encontram perto dos respectivos limiares assinalado pelas linhas. No entanto parecem ocorrer sempre um pouco antes do assinalado. Por outro lado, também sabemos que a resposta de VO_2 medida ao nível da boca ocorre com um atraso de cerca de 20 segundos à utilização local aferida através do NIRS (Bhambhani, et al., 1997; Murias, et al., 2013). Desta forma, os dados que aqui apresentamos para o LV1 podem na verdade corresponder em termos temporais ao fenómeno referido já que a deflecção da curva acontece cerca 20 segundos antes do LV1 (Figura 8). Em relação ao LV2 a questão é a existência de um ponto de inflecção que ocorre depois do tempo referido para o LV2.

De referir ainda que diversos autores referem que apesar de os estudos terem incidido maioritariamente na variação da concentração de O_2Hb , a HHb apresenta um padrão sequencial similar com trajectórias ascendentes (Reis, et al., 2013; Terakado, et al., 1999) tendo os gráficos um aspecto de espelho entre ambas as variáveis, o que se verifica também no nosso estudo. Esta relação foi também evidenciada por outros autores (Miura, et al., 1998) que identificaram uma relação entre o LV1 e um ponto de deflecção na O_2Hb e o LV2 e um ponto de deflecção em O_2Hb e consequentes diminuições na HHb .

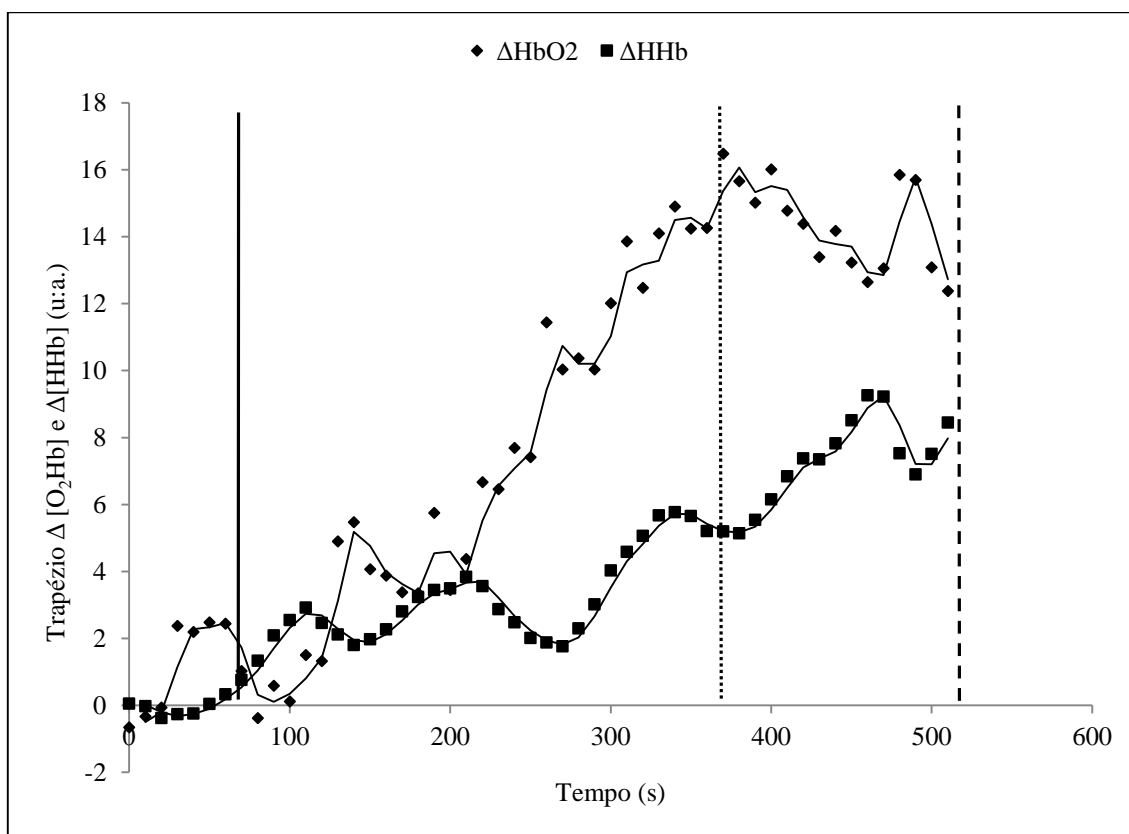


Figura 8 - Valores de NIRS para a O₂Hb e HHb do trapézio em função do tempo de um sujeito representativo. A linha a cheio representa o LV1, a linha pontuada representa o LV2 e a linha tracejada representa o VO_{2max}

Por outro lado, em relação á massa muscular menos activa (neste caso, a perna) verifica-se um padrão crescente na O₂Hb. Em relação ao HHb verificamos que aumenta até ao LV1 e depois se mantém constante sendo o valor máximo superior (10,74 u.a.) do que na massa muscular activa (8,44 u.a.) valores coincidentes com a literatura (Ogata, et al., 2007; Rissanen, et al., 2012) (Figura 9). Os autores referem que ocorre uma diminuição da O₂Hb no LV2 facto por nós verificado nesta análise (Ogata, et al., 2007). Neste sentido, os autores referem que a magnitude da diminuição da entrega de O₂ às massas musculares menos activas está associada com a magnitude do aumento da ventilação. Sugerindo que isto se deve a acumulação de metabolitos, e concomitante acidose metabólica que afecta quer a ventilação quer a entrega de O₂ aos tecidos menos activos (Ogata, et al., 2007; Rissanen, et al., 2012).

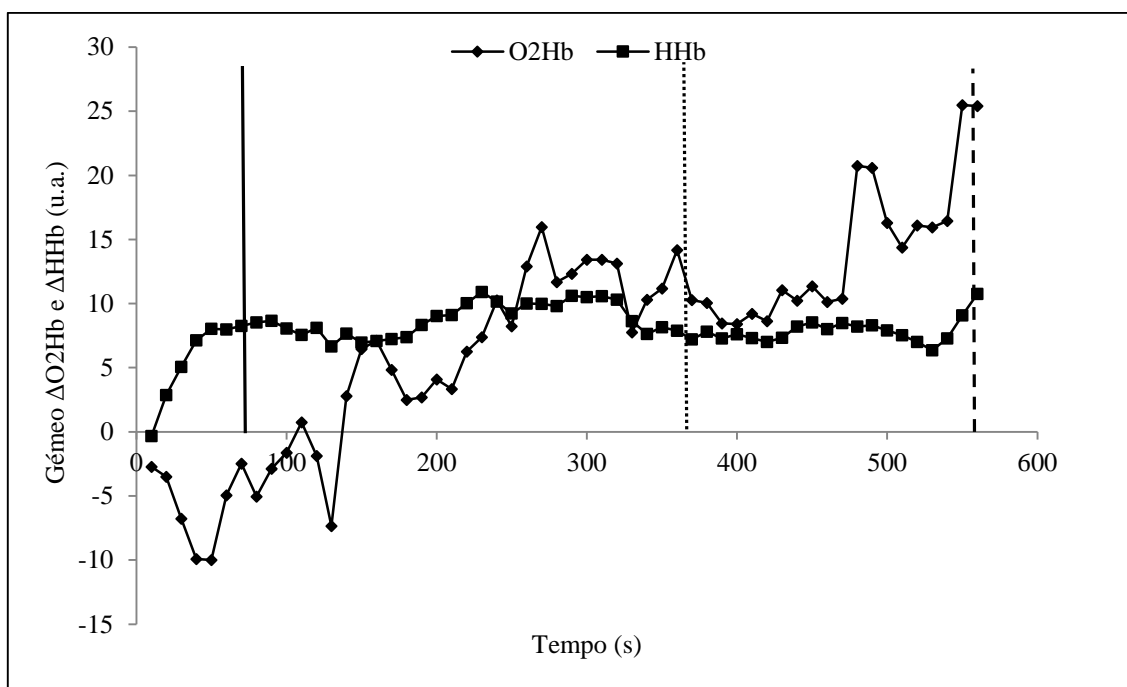


Figura 9 - Valores de NIRS para a O2Hb e HHb do gêmeo em função do tempo de um sujeito representativo. A linha a cheio representa o LV1, a linha pontuada representa o LV2 e a linha tracejada representa o VO_{2max}

Em relação ao TOI (%) existe no nosso estudo um aumento rápido deste valor, o que nos revela um aumento da oxigenação dos tecidos activos acima da linha de base (Figura 10 e Figura 11), facto este consistente com a literatura (Rissanen, et al., 2012). Segundo os autores este aumento rápido da TOI (%) resulta da activação da bomba muscular que expelle o sangue venoso de retorno ao coração (DeLorey, et al., 2003) o que conduz a uma diminuição da tHb.

Em intensidades superiores (no nosso caso acima do LV2) nota-se uma diminuição do TOI com correspondente diminuição da oxigenação (ΔO_2Hb) e ligeiro aumento na desoxigenação, o que também se verifica na literatura (Rissanen, et al., 2012) (Figura 10 e Figura 11).

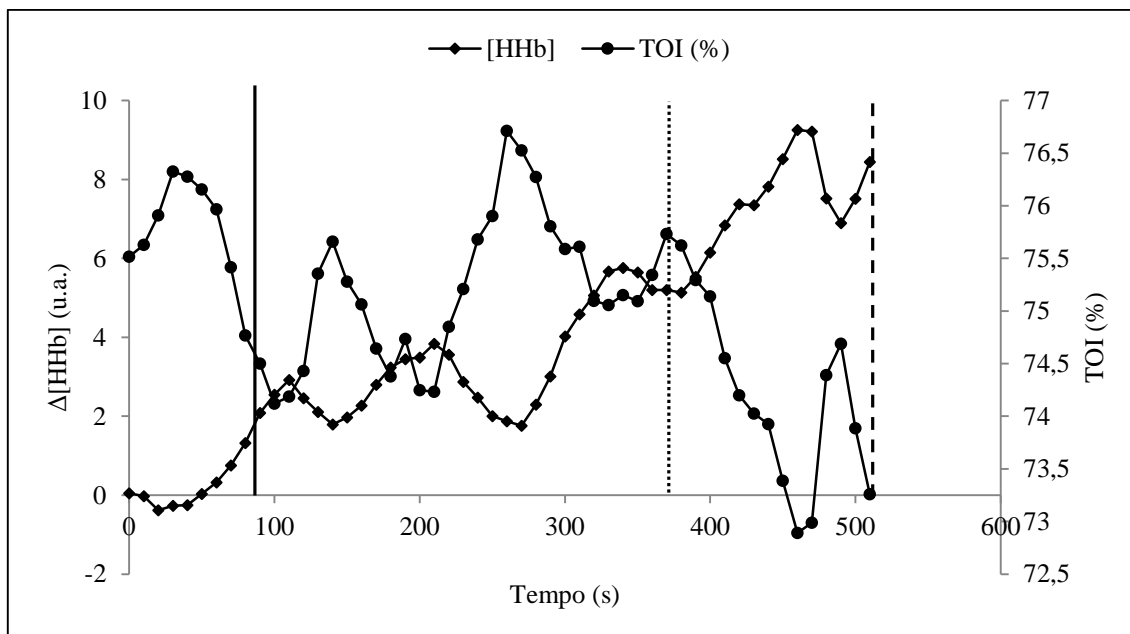


Figura 10 - Valores de NIRS para a ΔHHb e TOI (%) do trapézio em função do tempo de um sujeito representativo. A linha a cheio representa o LV1, a linha pontuada representa o LV2 e a linha tracejada representa o $\text{VO}_{2\text{max}}$

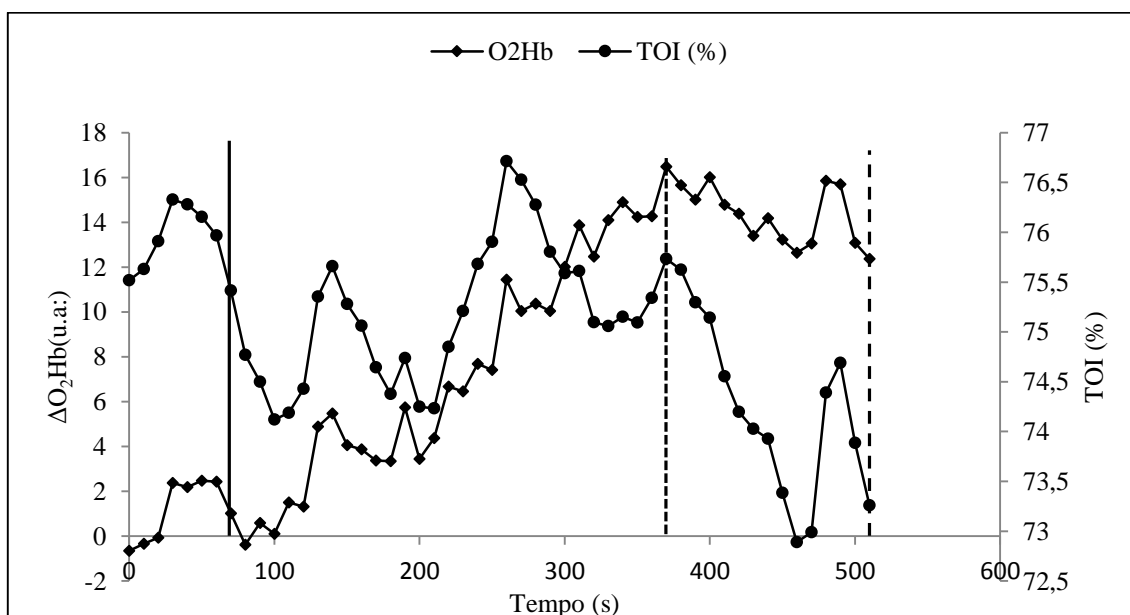


Figura 11 - Valores de NIRS para a $\Delta\text{O}_2\text{Hb}$ e TOI (%) do trapézio em função do tempo de um sujeito representativo. A linha a cheio representa o LV1, a linha pontuada representa o LV2 e a linha tracejada representa o $\text{VO}_{2\text{max}}$

De referir que este se trata de um estudo exploratório que serviu para elucidar e clarificar alguns aspectos do estudo principal. A natureza complexa deste tipo de análise

não nos permite inferir destes resultados aplicabilidade porém permite-nos ter uma ideia da oxigenação local dos tecidos.

É importante salientar que como referido por diversos autores esta tecnologia normalmente é executada com recurso a oclusão inicial das massas musculares analisadas de modo a garantir um estado de linha de base sem volume sanguíneo porém, isto não aconteceu no nosso estudo.

6 Conclusões

A proficiência técnica em situação real, a par das capacidades específicas requeridas pelo desempenho é sem dúvida o factor mais importante neste desporto seja a nível competitivo ou recreativo. A repetição de movimentos requeridos na onda e mesmo em fase aérea, em diferentes locais com diferentes ondas e fundos são cruciais para aprimorar, potenciar e construir um repertório de manobras e automatismos necessários à execução de excelência neste desporto. Dado que o Surf é um desporto altamente técnico, a reprodução deste repertório fora de água é impossível. Por isso, um surfista de elite, terá forçosamente de passar muitas horas dentro de água.

No entanto, a condição física dos atletas em áreas específicas do desempenho podem ser desenvolvidas com treino adicional ou treino em ambiente diferente (terra ou piscina). Daí que este treino alternativo possa ser executado de maneira a manter ou melhorar a sua condição física durante as alturas em que: estão impedidos de surfar (lesão, afastamento de zonas litorais), devem fazer treino de prevenção de lesões, querem melhorar uma capacidade específica da performance.

A natureza imprevisível do ambiente de prática no Surf, torna difícil o isolamento das variáveis metabólicas. Contudo, o nosso estudo parece demonstrar que os SE ao apresentarem valores superiores para dois indicadores importantes da resistência aeróbia do tronco (VO_{2max} e LV1) desenvolvem adaptações específicas que advêm provavelmente da maior quantidade de horas passadas a treinar, ou seja, atletas mais treinados desenvolvem níveis mais elevados de resistência. Os dados parecem sugerir que o VO_{2max} e o LV1 poderão ser diferenciadores entre SE e SR. Porém a ausência de diferenças em relação à potência podem significar que este teste é pouco específico para distinguir entre SE e SR.

A investigação de variáveis metabólicas e respiratórias em esforço no Surf é ainda um campo pouco explorado. É necessário um maior número de estudos que investiguem estas variáveis nomeadamente em situação de remada dentro de água.

7 Bibliografia

- Alves, F. (1995). *Economia de Nado e Situação Competitiva - Determinantes mecânicas e metabólicas nas técnicas alternadas*. Universidade Técnica de Lisboa - Faculdade de Motricidade Humana, Lisboa.
- Association of Surfing Professionals, A. (2013). <http://www.aspworldeatour.com/>. 2013
- Barlow, M. J., Findlay, M., Gresty, K., & Cooke, C. (2014). Anthropometric variables and their relationship to performance and ability in male surfers. *Eur J Sport Sci*, 14 Suppl 1, S171-177.
- Beaver, W. L., Wasserman, K., & Whipp, B. J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* (1985), 60(6), 2020-2027.
- Bergman, B. C., Horning, M. A., Casazza, G. A., Wolfel, E. E., Butterfield, G. E., & Brooks, G. A. (2000). Endurance training increases gluconeogenesis during rest and exercise in men. *American Journal of Physiology - Endocrinology And Metabolism*, 278(2), E244-E251.
- Bergman, B. C., Wolfel, E. E., Butterfield, G. E., Lopaschuk, G. D., Casazza, G. A., Horning, M. A., et al. (1999). Active muscle and whole body lactate kinetics after endurance training in men. *Journal of Applied Physiology*, 87(5), 1684-1696.
- Bhambhani, Y. N., Buckley, S. M., & Susaki, T. (1997). Detection of ventilatory threshold using near infrared spectroscopy in men and women. *Med Sci Sports Exerc*, 29(3), 402-409.
- Billaut, F., Kerris, J. P., Rodriguez, R. F., Martin, D. T., Gore, C. J., & Bishop, D. J. (2013). Interaction of central and peripheral factors during repeated sprints at different levels of arterial O₂ saturation. *PLoS One*, 8(10), e77297.

- Boushel, R., Langberg, H., Olesen, J., Gonzales-Alonzo, J., Bulow, J., & Kjaer, M. (2001). Monitoring tissue oxygen availability with near infrared spectroscopy (NIRS) in health and disease. *Scand J Med Sci Sports*, 11(4), 213-222.
- Bruton, M. R., O'Dwyer, N. J., & Adams, R. D. (2013). Neuromuscular characteristics of recreational and competitive male and female surfers. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(2), 388-402.
- Busa, W. B., & Nuccitelli, R. (1984). Metabolic regulation via intracellular pH. *Am J Physiol*, 246(4 Pt 2), R409-438.
- Carter, J. E. L., & Ackland, T. R. (1994). *Kinanthropometry in aquatic sports : a study of world class athletes*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Conley, D. L., & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 12(5), 357-360.
- D'Urzo, A. D., Jhirad, R., Jenne, H., Avendano, M. A., Rubinstein, I., D'Costa, M., et al. (1990). Effect of caffeine on ventilatory responses to hypercapnia, hypoxia, and exercise in humans. *J Appl Physiol* (1985), 68(1), 322-328.
- DeLorey, D. S., Kowalchuk, J. M., & Paterson, D. H. (2003). Relationship between pulmonary O₂ uptake kinetics and muscle deoxygenation during moderate-intensity exercise. *J Appl Physiol* (1985), 95(1), 113-120.
- Farley, O., Harris, N., & Kilding, A. (2012a). Physiological demands of competitive surfing. *J Strength Cond Res*, 26(7), 1887-1896.
- Farley, O., Harris, N. K., & Kilding, A. E. (2012b). Anaerobic and aerobic fitness profiling of competitive surfers. *J Strength Cond Res*, 26(8), 2243-2248.
- Fernandez-Lopez, J. R., Camara, J., Maldonado, S., & Rosique-Gracia, J. (2013). The effect of morphological and functional variables on ranking position of professional junior Basque surfers. *Eur J Sport Sci*, 13(5), 461-467.

- Fragoso, I. V., F. (Ed.). (2011). *Cin antropometria-Curso Prático*. Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana.
- Gaesser, G. A., & Poole, D. C. (1996). The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exerc Sport Sci Rev*, 24, 35-71.
- Ganong, W. (2006). *Fisiologia médica*. Rio de Janeiro: McGraw-Hill Interamer. Brasil.
- Gergley, T. J., McArdle, W. D., DeJesus, P., Toner, M. M., Jacobowitz, S., & Spina, R. J. (1984). Specificity of arm training on aerobic power during swimming and running. *Med Sci Sports Exerc*, 16(4), 349-354.
- Gomes Pereira, J. (1992). *Perfil Metabólico do Nadador de Alto Rendimento*. Faculdade de Motricidade Humana - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Gore, C. (2000). *Physiological tests for elite athletes*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Grassi, B., Quaresima, V., Marconi, C., Ferrari, M., & Cerretelli, P. (1999). Blood lactate accumulation and muscle deoxygenation during incremental exercise. *J Appl Physiol* (1985), 87(1), 348-355.
- Guidetti, L., Franciosi, E., Gallotta, M. C., Emerenziani, G. P., & Baldari, C. (2011). Postural control after a prolonged treadmill run at individual ventilatory and anaerobic threshold. *J Sports Sci Med*, 10(3), 515-519.
- Hargreaves, M. (2006). *Exercise metabolism*. Champaign, Ill. [u.a.: Human Kinetics.
- Hesford, C. M., Laing, S., & Cooper, C. E. (2013). Using portable NIRS to compare arm and leg muscle oxygenation during roller skiing in biathletes: a case study. *Adv Exp Med Biol*, 789, 179-184.
- Hetzler, R. K., Warhaftig-Glynn, N., Thompson, D. L., Dowling, E., & Weltman, A. (1994). Effects of acute caffeine withdrawal on habituated male runners. *J Appl Physiol* (1985), 76(3), 1043-1048.

- Howlett, R. A., Parolin, M. L., Dyck, D. J., Hultman, E., Jones, N. L., Heigenhauser, G. J., et al. (1998). Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH at varying exercise power outputs. *Am J Physiol*, 275(2 Pt 2), R418-425.
- Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med*, 29(6), 373-386.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2012). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Koufaki, P., Mercer, T. H., & Naish, P. F. (2002). Effects of exercise training on aerobic and functional capacity of end-stage renal disease patients. *Clin Physiol Funct Imaging*, 22(2), 115-124.
- Loveless, D., & Minahan, C. (2010a). Peak aerobic power and paddling efficiency in recreational and competitive junior male surfers. *European Journal of Sport Science*, 10(6), 407-415.
- Loveless, D., & Minahan, C. (2010b). Two reliable protocols for assessing maximal-paddling performance in surfboard riders. *J Sports Sci*, 28(7), 797-803.
- Lowdon, B., Bedi, J., & Horvath, S. (1989). Specificity of aerobic fitness testing of surfers. *Aust J Sci Med Sport*, 21, 7-10.
- MacDougall, J. (1991). *Physiological testing of the high-performance athlete*. Champaign, Ill.: Human Kinetics Books.
- Meir, R. A., Lowdon, B., & Davie, A. J. (1991). Heart rates and estimated energy expenditure during recreational surfing. *Aust J Sci Med Sport*, 23(3), 70-74.
- Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2005). Physiological aspects of surfboard riding performance. *Sports Med*, 35(1), 55-70.

- Mendez-Villanueva, A., Bishop, D., & Hamer, P. (2006). Activity profile of world-class professional surfers during competition: a case study. *J Strength Cond Res*, 20(3), 477-482.
- Mendez-Villanueva, A., Landaluce, J. P., Garcia, B. F., Terrados, N., & Bishop, D. (2010). Inaccuracy of the HR reserve vs. V O₂ reserve relationship during prone arm-paddling exercise in surfboard riders. *J Physiol Anthropol*, 29(6), 189-195.
- Mendez-Villanueva, A., Perez-Landaluce, J., Bishop, D., Fernandez-Garcia, B., Ortolano, R., Leibar, X., et al. (2005). Upper body aerobic fitness comparison between two groups of competitive surfboard riders. *J Sci Med Sport*, 8(1), 43-51.
- Meyer, T., Lucia, A., Earnest, C. P., & Kindermann, W. (2005). A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters--theory and application. *Int J Sports Med*, 26 Suppl 1, S38-48.
- Miura, T., Takeuchi, T., Sato, H., Nishioka, N., Terakado, S., Fujieda, Y., et al. (1998). Skeletal muscle deoxygenation during exercise assessed by near-infrared spectroscopy and its relation to expired gas analysis parameters. *Jpn Circ J*, 62(9), 649-657.
- Moreira, M. (2007). *Matriz de Análise das Tarefas Desportivas - Sistema de classificação estrutural - Modelo taxonómico do Surf*. Faculdade de Motricidade Humana - Universidade Técnica de Lisboa.
- Murias, J. M., Keir, D. A., Spencer, M. D., & Paterson, D. H. (2013). Sex-related differences in muscle deoxygenation during ramp incremental exercise. *Respir Physiol Neurobiol*, 189(3), 530-536.
- Murray, R. K. (2000). *Harper's biochemistry*. Stamford, Ct.: Appleton & Lange.
- Myers, J., & Ashley, E. (1997). Dangerous curves. A perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. *Chest*, 111(3), 787-795.

- Nagy, E., Toth, K., Janositz, G., Kovacs, G., Feher-Kiss, A., Angyan, L., et al. (2004). Postural control in athletes participating in an ironman triathlon. *Eur J Appl Physiol*, 92(4-5), 407-413.
- Ogata, H., Arimitsu, T., Matsuura, R., Yunoki, T., Horiuchi, M., & Yano, T. (2007). Relationship between oxygenation in inactive biceps brachii muscle and hyperventilation during leg cycling. *Physiol Res*, 56(1), 57-65.
- Oliveira, R. (2007). *Estado Estacionário Máximo de Lactato, velocidade crítica e V4 em nadadores jovens*. Faculdade Motricidade Humana - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Paillard, T., Margnes, E., Portet, M., & Breucq, A. (2011). Postural ability reflects the athletic skill level of surfers. *Eur J Appl Physiol*, 111(8), 1619-1623.
- Pendergast, D., Cerretelli, P., & Rennie, D. W. (1979). Aerobic and glycolytic metabolism in arm exercise. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 47(4), 754-760.
- Phillips, S. M., Green, H. J., Tarnopolsky, M. A., Heigenhauser, G. J. F., Hill, R. E., & Grant, S. M. (1996). Effects of training duration on substrate turnover and oxidation during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 81(5), 2182-2191.
- Pires, F. O., Hammond, J., Lima-Silva, A. E., Bertuzzi, R. C., & Kiss, M. A. (2011). Ventilation behavior during upper-body incremental exercise. *J Strength Cond Res*, 25(1), 225-230.
- Rasoilo, J. (2001). *Técnicas de Avaliação de Níveis Metabólicos-O conceito de Limiar Ventilatório e os protocolos de determinação: Compatibilidade das noções de Cinética de VO₂ e Estado Estacionário com o uso de provas de carga progressiva*. Universidade Técnica de Lisboa - Faculdade de Motricidade Humana.

- Reis, M. S., Berton, D. C., Arena, R., Catai, A. M., Neder, J. A., & Borghi-Silva, A. (2013). Determination of anaerobic threshold through heart rate and near infrared spectroscopy in elderly healthy men. *Braz J Phys Ther*, 17(5), 506-515.
- Rissanen, A. P., Tikkanen, H. O., Koponen, A. S., Aho, J. M., Hagglund, H., Lindholm, H., et al. (2012). Alveolar gas exchange and tissue oxygenation during incremental treadmill exercise, and their associations with blood O₂ carrying capacity. *Front Physiol*, 3, 265.
- Robergs, R. A., Ghiasvand, F., & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 287(3), R502-516.
- Saltin, B., & Astrand, P. O. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol*, 23(3), 353-358.
- Sheppard, J. M., McNamara, P., Osborne, M., Andrews, M., Oliveira Borges, T., Walshe, P., et al. (2012). Association between anthropometry and upper-body strength qualities with sprint paddling performance in competitive wave surfers. *J Strength Cond Res*, 26(12), 3345-3348.
- Sjodin, B., & Svedenhag, J. (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Med*, 2(2), 83-99.
- Terakado, S., Takeuchi, T., Miura, T., Sato, H., Nishioka, N., Fujieda, Y., et al. (1999). Early occurrence of respiratory muscle deoxygenation assessed by near-infrared spectroscopy during leg exercise in patients with chronic heart failure. *Jpn Circ J*, 63(2), 97-103.
- Wasserman, D. H., & Whipp, B. J. (1983). Coupling of ventilation to pulmonary gas exchange during nonsteady-state work in men. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 54(2), 587-593.
- Wasserman, K. (2005). *Principles of exercise testing and interpretation : including pathophysiology and clinical applications*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

- Wasserman, K., & McIlroy, M. B. (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol*, 14, 844-852.
- Wasserman, K., Whipp, B. J., Koys, S. N., & Beaver, W. L. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol*, 35(2), 236-243.
- Weltman, A. (Ed.). (1995). *The Blood Lactate Response to Exercise*.
- Weltman, A., Snead, D., Stein, P., Seip, R., Schurrer, R., Rutt, R., et al. (1990). Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and VO_2max . *Int J Sports Med*, 11(1), 26-32.
- Whipp, B. J., & Ward, S. A. (2011). The physiological basis of the 'anaerobic threshold' and implications for clinical cardiopulmonary exercise testing. *Anaesthesia*, 66(11), 1048-1049; author reply 1049-1050.
- Wyatt, F. B. (1999). Comparison of lactate and ventilatory threshold to maximal oxygen consumption: a meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(1), 67-71.
- Zhang, Z., Xu, G., Nioka, S., Chance, B., Wang, B., & Gong, H. (2010). Comparisons of muscle oxygenation changes between arm and leg muscles during incremental rowing exercise with near-infrared spectroscopy. [doi: 10.1117/1.3309741]. *Journal of Biomedical Optics*, 15(1), 017007-017007-017008.